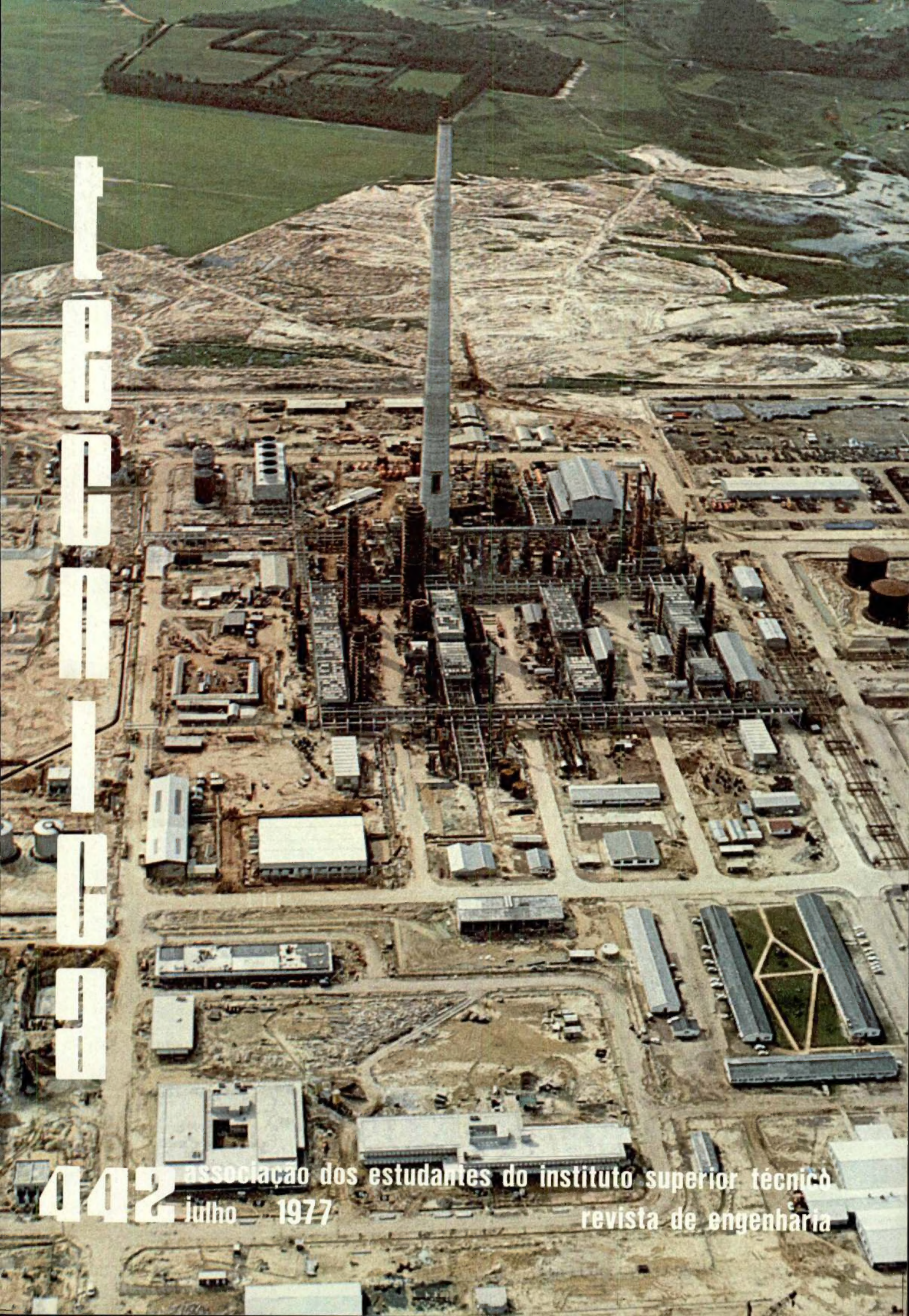


tecnica

42 julho 1977

associação dos estudantes do instituto superior técnico

revista de engenharia

Já pensou...

... que o seu anúncio
é muito eficaz se for
publicado na revista que
os seus clientes lêem?
Os milhares de exemplares
de cada número da nossa revista
são lidos por engenheiros
e técnicos, por pessoas ligadas
à indústria, à investigação, ao
ensino, pelos seus clientes,
em suma. Consulte-nos

técnica REVISTA DE ENGENHARIA

Avenida Rovisco Pais - Lisboa 1 - Telef. **88 93 23**

TOPOGRAFIA GERAL

2.° Volume

Pelo Eng.° A. C. XEREZ

Preço 180$00

Descontos: 10% aos assinantes

Pedidos à Técnica

Carnaxide — Tel. 218 00 37

BIBLIOTECA
N.º 740

técnica

NÚMERO 442 JULHO DE 1977 ANO LII VOLUME XXXVIII PUBLICAÇÃO MENSAL

DIRECTOR

Delmar Baptista

COLABORADORES

José Luís S. V. Azevedo
João José Águas
Custódio Alves Tomé
António Madeira Cruz
Fernando Dias
José Pereira Pacheco
Sérgio Duarte Santos (F. C. Tecnologia — Coimbra)

DIRECÇÃO, REDACÇÃO E ADMINISTRAÇÃO

Av. Rovisco Pais, I. S. T. — Lisboa
Telefone 88 93 23

PROPRIETÁRIO

A. E. I. S. T.

•

ASSINATURAS:	5 n.os	10 n.os
Continente e Ilhas	200$00	350$00
Países de língua Portuguesa e Espanha...	220$00	380$00
Estrangeiro	—	550$00
Número avulso ...	—	60$00

Não se publica em Agosto e Setembro.

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos autores.

•

COMPOSIÇÃO E IMPRESSÃO:

OF. GRÁFICAS DE RÁDIO RENASCENÇA
Rua Duques de Bragança, 6 — LISBOA-2

SUMÁRIO

Instituto Superior Técnico
N.º 851

527 — J. J. D. DOMINGOS — **O ambiente, a política energética e a alternativa nuclear.**

Energy, environment, and the nuclear alternative.

551 — DOMINGOS MOURA — **Reflexões sobre a eventual encomenda, em 1977, de uma central nuclear para Portugal.**

Reasonings about an eventual order, in 1977, of a nuclear power station for Portugal.

567 — ARMANDO CAMEIRA — **Les contraintes physiques et sociales dans la planification à long terme des transports urbains. Zones des grandes agglomérations — Déplacements de personnes.**

Restrições físicas e sociais na planificação dos transportes urbanos a longo prazo. Zonas de grandes aglomerados — Migrações.

575 — ACÁCIO G. DE OLIVEIRA e ADRIANO FERNANDO BARROS — **Reflexão sobre legislação e desenvolvimento mineiros.**

Mining legislation and economic development.

581 — ANTÓNIO V. B. GASPAR — **Células Fotovoltaicas.**

Photovoltaic Cells.

585 — J. J. D. DOMINGOS — **Reforma do Ensino de Engenharia. Algumas notas para reflexão.**

Engineering education in Portugal. Some reflection.

ÍNDICE ALFABÉTICO DOS ANUNCIANTES

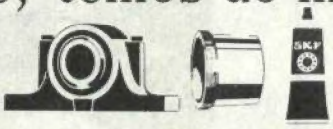
	Pág.
Aguiar & Melo, Lda.	V
Construções Schréder	2.ª da capa
Fanafel	IV
MAGUE	III
Novobra, Lda.	IV
Sociedade Portuguesa Cavan	II
S. K. F., Lda.	I
Sondagens e Fundações A. Cavaco	II

SKF

A SKF não tem apenas rolamentos de esferas e de rolos .

Temos também rolamentos de agulhas

rótulas e embutes .

Evidentemente, temos do mesmo modo toda a espécie de acessórios  para rolamentos.

Além disso a SKF fabrica muitos outros produtos de qualidade.

Rodas e carretos cónicos, por exemplo

Fusos roscados de rolamento de alta precisão que transformam o movimento de rotação em linear.

Fabricamos também machos cassonetes

e brocas .

O mesmo se passa com pontos rotativos .

E muitos sabem que também temos um bom Serviço Técnico.

SOCIEDADE SKF LIMITADA

LISBOA - PRAÇA DA ALEGRIA, 66-A
TELEF.: 362301 - TELEGR.: ESKAEF - TELEX: 12156

PORTO - RUA DELFIM FERREIRA, 604
TELEF.: 692054 - TELEGR.: ESKAEF

Av. Visconde Valmor, 76-1.º - Tel. 766014 (7 linhas) Lisboa-1

GUIA DE ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS

(Potáveis, Minerais e para a Indústria)

POR A. HERCULANO DE CARVALHO

Prof. do I. S. T. e do Instituto de Hidrologia de Lisboa

Preço 90$00

CÁLCULO DE PÓRTICOS

Método de cálculo simples e rápido, entrando em linha de conta com o deslocamento dos nós

por G. Kani

Preço 75$00

Pedidos à «Técnica» *Desconto 10 % aos assinantes*

técnica

NÚMERO 442 JULHO DE 1977 ANO LII VOLUME XXXVIII PUBLICAÇÃO MENSAL

C. D. U. 62

O Ambiente, a Política energética e a Alternativa Nuclear [*]

J. J. DELGADO DOMINGOS
Prof. Catedrático I. S. T.
C. T. A. M. F. U. L.

RESUMO

Aspectos fundamentais duma política energética e do ambiente são abordados numa perspectiva nacional tendo em conta a possibilidade de uma opção pela via nuclear. Após um exame dos recursos naturais não renováveis, e da ligação entre energia e crescimento económico, mostra-se como a melhor utilização dos combustíveis fósseis implica instalações de fins múltiplos e como estas conduzem à produção descentralizada. Implicando o desenvolvimento industrial não apenas energia eléctrica mas também combustíveis fósseis, as instalações de fins múltiplos surgem de entre as soluções tecnológicas actualmente existentes como mais recomendáveis num período de transição. A opção nuclear, devido à escassez do urânio e aos condicionamentos técnicos impostos pelos reactores «breeder» é uma opção irreversível e apenas susceptível de uma contribuição transitória além do seu impacto significativo poder apenas surgir num futuro distante. Acentua-se a necessidade de uma transição programada, concluindo-se não ter fundamento, nas condições específicas do País, uma opção a curto prazo por uma via nuclear.

SUMMARY: Energy, Environment, and the Nuclear Alternative

The fundamental aspects on a national policy for energy and environment are reviewed, on the perspective of a short term option for nuclear energy. Non-renewable natural ressources, energy and economic development, and present technology for better use of energy are critically reviewed. For Industrial development, which requires fossil fuels, besides electrical energy, congeneration of heat and power, and total energy concepts appears both as viable with the technology presently available and the most recomend on a transition period. Taking into account uranium ressources and technical constrains imposed by breeder reactors it is stressed the irreversible nature of a nuclear option whose contribution to the energy problem besides transitional can only have a significative impact on a distant future. It is shown that for a country as Portugal the nuclear option has no justification on rational grounds, at present time.

(*) Comunicação ao «Encontro Nacional de Política Energética: Debate Sobre a Instalação de Centrais Nucleares em Portugal», 25-26 Março 1977.

«1. Todos têm direito a um ambiente de vida humano, sadio e ecologicamente equilibrado e o dever de o defender.

2. Incumbe ao Estado, por meio de organismos próprios e por apelo a iniciativas populares:

a) Prevenir e controlar a poluição e os seus efeitos e as formas prejudiciais de erosão;

b) Ordenar o espaço territorial de forma a constituir paisagens biologicamente equilibradas;

c) Criar e desenvolver reservas e parques naturais e de recreio, bem como classificar e proteger paisagens e sítios, de modo a garantir a conservação da natureza e a preservação de valores culturais de interesse histórico ou artístico;

d) Promover o aproveitamento racional dos recursos naturais, salvaguardando a sua capacidade de renovação e a estabilidade ecológica.

3. O cidadão ameaçado ou lesado no direito previsto no n.º 1 pode pedir, nos termos da lei, a cessação das causas da violação e a respectiva indemnização.

4. O Estado deve promover a melhoria progressiva e acelerada da qualidade de vida de todos os portugueses.»

Artigo 66.º (ambiente e qualidade de vida) da *Constituição da República Portuguesa*, aprovada e decretada na sessão plenária da Assembleia Constituinte de 2 de Abril de 1976.

NOTA PRÉVIA

Numa perspectiva ampla de «Ambiente e Política Energética» a exposição que se apresenta é incompleta, nomeadamente quanto aos aspectos ligados à Poluição Atmosférica, Poluição Térmica, Poluição Radioactiva, Riscos e Segurança. Também o é na análise da contribuição possível de formas renováveis de energia — hidroelectricidade, sol, vento, ondas, biogás — e da geotermia. O carácter específico do Encontro a que o trabalho se destina e o tempo destinado à sua exposição levou a focar os aspectos do curto prazo que se afiguram mais salientes para uma reflexão necessária e menos susceptíveis de gerar polémica inútil.

Procurou-se que eventuais conclusões ou inferências fossem apenas as que decorrem da matéria exposta ou das referências citadas. Tal facto introduziu, naturalmente, limitações. Tratando-se de um documento para reflexão, julgou-se preferível adoptar essa atitude e convidar cada um a formar o seu juízo consultando as fontes e os dados. Há, naturalmente, um vasto manancial de documentação sobre todos os temas aflorados, e nela se podem encontrar argumentos para ampla discordância do que se apresentou. Do confronto sereno de uns e outros, emergirá certamente uma opinião mais segura e uma consciencialização mais profunda. A Ciência é uma nobre actividade humana onde o dogmatismo não cabe.

Se nas opções políticas o conhecimento científico não pode ser ignorado e muito menos violentado, seria abusivo supor que em política tudo se reduziria a aspectos científicos. Nem a Ciência admitiria tal simplismo, nem os politólogos se reclamam da segurança e exactidão das Ciências Físicas, nem a Política o aceitaria.

A Secretaria de Estado do Ambiente ao solicitar este trabalho não lhe apontou directrizes nem lhe impôs limitações. O autor assume a inteira responsabilidade do seu conteúdo.

Instituto Superior Técnico, Março 1977

José Joaquim Delgado Domingos

I — OS TEXTOS FUNDAMENTAIS QUE NOS REGEM

«O Plano deve garantir (...) a preservação do equilíbrio ecológico, a defesa do ambiente e a qualidade de vida do povo português.»

Artigo 91.º da Constituição da República Portuguesa

1. A Constituição, o Programa do Governo e o Ambiente

1.1. O artigo 66.º da Constituição da República Portuguesa, promulgada em 25 de Abril de 1975, é exclusivamente dedicado ao «Ambiente e Qualidade de Vida».

No programa do 1.º Governo Constitucional aprovado pela Assembleia da República em 11.8.1976, o capítulo F tem como título «Responder às necessidades básicas da população e promover a qualidade de vida», e o ponto 7. é inteiramente dedicado ao Ambiente. Nele se afirma «A necessidade de manter em situação de estabilidade as relações dialécticas entre o homem e o ambiente constitui um dos mais graves problemas, cuja solução é tanto mais premente quanto mais ameaçadoras se mostram as acções destruidoras que, em ritmo acelerado, a civilização industrial exerce sobre aquela estabilidade. Não deve, por isso, ser motivo de surpresa a tendência de todos os Estados Modernos dedicarem crescente atenção ao problema em causa, mediante a instituição de departamentos especializados que assegurem (...) o bom governo dos factores ecológicos e a contenção das acções destruidoras do equilíbrio da biosfera. Só assim ficam os Governos habilitados a assegurar a todos os cidadãos a qualidade de vida (...). É o que se pretende, no caso português, com a manutenção da Secretaria de Estado do Ambiente na dependência do Primeiro Ministro (...). A sua acção procurará orientar-se por uma finalidade essencialmente preventiva que permita abolir ou diminuir as causas das disfunções e destabilizações dos sistemas ecológicos de que o homem e o ambiente são dois elementos principais (...). Toda a política correcta do ambiente deve ser uma política democrática: não só coloca ao dispor da comunidade os factores ecológicos, entre os quais avulta a terra (...) mas também procura utilizar as formas estáveis de energia, as quais são, simultaneamente, as menos concentradas, as mais acessíveis a pequenos capitais, as menos poluidoras e as mais bem distribuídas por todo o território».

1.2. A Constituição que nos rege e o programa do Governo, de que se extrairam as referências anteriores, consagram legalmente a legitimidade democrática das linhas mestras de uma política que no seu aprofundamento contêm um projecto social e económico perfeitamente delineado. E se o programa do Governo comete à Secretaria de Estado do Ambiente uma relevância particular como órgão especializado, a verdade é que da coerência constitucional e do próprio programa decorre uma prática económica e social que largamente a transcende e apenas se viabiliza quando verdadeiramente assumida nas suas implicações pela sociedade a que se destina e pelos órgãos de soberania que institucionalmente a representam. Neste contexto, a posição da Secretaria de Estado relativamente à utilização da energia nuclear, só pode ser uma: enquadrar a opção nuclear no quadro duma política energética; encarar a política energética como a parcela do todo que é o projecto social e económico; considerar esse projecto balizado pelo travejamento base que é a lei fundamental: a Constituição.

II — RECURSOS NATURAIS NÃO RENOVÁVEIS

«O carácter finito dos recursos globais e a impossibilidade de trazer todos ao nível de vida usufruído (...) no mundo ocidental levantam de forma aguda o problema da sua distribuição equitativa. Numa situação de crescimento perpétuo, o problema é parcialmente obscurecido. Quando o crescimento global abranda ou cessa, o problema moral dos diferentes níveis de vida entre países ricos e pobres torna-se ainda mais agudo.

As actuais desiguldades na riqueza apenas têm sido toleradas devido à esperança que os cidadãos pobres, tal como os ricos, beneficiarão dum crescimento constante no seu nível de vida. Elas tornam-se intoleráveis logo que se reconhece existir um limite absoluto para o nosso nível de vida.»

Dr. H. Montefiore, Bispo de Kingston,
in *Rutherford Lecture*, Manchester, 1971

«O custo e a disponibilidade da energia necessária constituem, provavelmente, o factor único que em última instância determinará se um depósito mineral pode o não ser economicamente explorado.»

U. S. A. Geological Survey

1. Reservas mundiais de energia não renovável

Os animais de tiro eram sobretudo conversores de energia solar em energia mecânica, através dos alimentos. Os escravos também, embora a sua inteligência pudesse conferir-lhes um nível de utilidade bem superior.

Todas as máquinas são conversores de energia. Nos países industrializados essa conversão é feita, sobretudo, a partir de recursos não renováveis à escala dos milénios. Foi à escala dos milhões de anos que a superfície do Planeta se tornou habitável pelos seres vivos, o que implicou o aparecimento duma protecção (a atmosfera) contra as radiações cósmicas e um decaímento na radioactividade natural dos constituintes inanimados da Terra.. Para substituir os combustíveis fósseis que rapidamente se esgotam, surgiu como promissora a utilização da energia da fissão nuclear a qual exige a concentração prévia dos elementos físseis (e radioactivos).

Fósseis ou nucleares, nenhum dos tipos de combustível é renovável. O valor das reservas existentes e o tempo da sua duração têm originado estimativas díspares. É natural que tal suceda se os pressupostos de que partem são diferentes. A expressão de uma reserva em unidades físicas depende essencialmente de factores económicos. Uma subida no custo do porduto superior ao custo de extracção fará crescer, dentro de certos limites, o quantitativo das reservas. Todavia, apesar das restrições existentes, a energia que é necessário dispender para a extracção, os recursos financeiros disponíveis e o tempo necessário à concretização de novas explorações faz com que, no médio prazo, as alterações não sejam substanciais. O tempo que resta para as opções decisivas é escasso, e para que dele se forme uma ideia objectiva, algumas das estimativas existentes são suficientes. O quadro seguinte representa uma síntese significativa.

RESERVAS MUNDIAIS DE FONTES DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEL

Variação nas estimativas

Fonte: Energy for the Future, Institute of Fuel, 1973

		PRESENTEMENTE CONHECIDAS			POTENCIAIS (2)		
		Reservas	Duração		Reservas	Duração	
			com consumos iguais aos 1971 (1)	tendo em conta o crescimento do consumo		com consumos iguais aos 1971 (1)	tendo em conta o crescimento do consumo
Petróleo	Estimativa inferior	80×10^9 t	32	16	250×10^9 t	100	30
	Estimativa superior	90×10^9 t	36	18	360×10^9 t	140	40
Carvão	Estimativa inferior	130×10^9 t	60	30	1100×10^9 t	500	150
	Estimativa superior	2200×10^9 t	1000	190	4800×10^9 t (3)	2200	250
Gás Natural	Estimativa inferior	34 000 Km^3	33	15	90.000 Km^3	90	25
	Estimativa superior	48.000 Km^3	45	19	340.000 Km^3	330	40
Urânio	Estimativa inferior	$0{,}9\times10^6$ t (4)		16/50 a 100 (5)	$1{,}3\times10^6$ t (6)		20/50 a 100 (5)
	Estimativa superior				$3{,}2\times10^6$ t (6)		37/50 a 100 (5)
Areias e xistos betuminosos	Estimativa inferior	97×10^9 t	39	aumenta duração petróleo 9 anos	280×10^9 t	110	aumenta duração petróleo 10 anos
	Estimativa superior	120×10^9 t	48	aumenta duração petróleo 11 anos	500×10^9 t	200	aumenta duração petróleo 17 anos

(1) Consumos admitidos para 1971: Petróleo 2500×10^6 t; Gás 1046 Km^3; Carvão 2143 t.

(2) As reservas potenciais são, usualmente, estimativas de reservas recuperáveis tendo em conta melhorias na tecnologia extractiva e subidas de preços, excepto nos casos particulares indicados.

(3) Várias fontes indicam $7{,}6\times10^{12}$ t de carvão como reservas potenciais totais, valor que é muito superior às reservas recuperáveis.

(4) Reservas conhecidas recuperáveis a custos menores que $20/kg.

(5) A duração das reservas em urânio é consideravelmente aumentada considerando reactores rápidos reprodutores (Breeders) razão porque se consideram dois valores para a duração. Devido à incerteza quanto ao desenvolvimento deste tipo de reactores os valores indicados são bastante especulativos.

(6) Reservas de $3{,}2\times10^6$ t de urânio pressupõem um custo de recuperação inferior a $30/kg(*). Estima-se que 60×10^6 t serão possíveis com custos até $200/kg.

(*) Segundo a O. C. D. E./I. A. E. A. em: «Uranium, Resources, Production and Demand», Dezembro 1975, as reservas de urânio razoavelmente asseguradas a preços $\leqslant$ $66/Kg seriam de $1{,}8\times10^6$ t.

2. Ilações

Em relação ao quadro, deve ter-se em conta que existem estimativas mais recentes para um ou outro caso. É também comum a prática de estimar o aparecimento de reservas que ainda se desconhecem usando simples extrapolação ou métodos probabilísticos mais sofisticados.

«Grosso modo» as variações relativas mantêm-se e não tem grande significado a sua discussão pormenorizada. De acentuar é a duração estimada para as reservas, a qual depende fortemente do modelo admitido para o crescimento no consumo. Estas hipóteses, que se basearam nas tendências exponenciais passadas, põem em evidência algo de bastante importante: a prosseguir tal tendência, as variações na duração dos recursos, são da ordem de uma a duas gerações, excepto para o carvão.

Pode, no entanto, adoptar-se uma perspectiva social diferente. Essa perspectiva é a da duração das reservas globais conhecidas se o consumo mundial «per capita» fosse igual ao dos E. U. A. em 1970.

Tomando como base os valores publicados pelo U. S. Bureau of Mines «Mineral Facts and Problems» (1970) e a população mundial em 1970 obtém-se:

DURAÇÃO DE ALGUNS RECURSOS NATURAIS SE A CAPITAÇÃO FOSSE UNIFORME NO GLOBO E IGUAL À DOS E. U. A. EM 1970 [1]

Recurso	Anos de duração
Alumínio	24
Crómio	211
Carvão	518
Cobalto	33
Cobre	19
Ouro	4
Ferro	84
Chumbo	10
Manganés	64
Mercúrio	5
Molibdénio	20
Gás natural	6
Níquel	39
Petróleo	9
Grupo da platina	41
Prata	6
Estanho	7
Tungsténio	18
Zinco	9

Para além das especulações sempre possíveis em relação a simulações com modelos mais ou menos sofisticados, extraem-se inequivocamente as seguintes conclusões:

a) os recursos naturais conhecidos não permitirão à população mundial atingir alguma vez as capitações do consumo dos países industrializados actuais (mesmo que estes parassem de crescer).

b) Para além das variações nas estimativas das reservas em energia não renovável, a energia que é necessário dispender na introdução de novas tecnologias (na escala necessária); na exploração de novas reservas ou na utilização de novas fontes de energia, faz com que as decisões críticas se imponham no período de uma geração. Durante esse período, as reservas existentes permitirão uma mudança se ela for acelerada. Se ela for adiada, o tempo que resta terá todas as probabilidades de não ser suficiente e serão de esperar convulsões sociais em larga escala.

c) Durante o tempo de uma geração, e quanto à energia, as alternativas serão:

1. introdução acelerada de formas de energia renovável
2. utilização de combustíveis fósseis, sobretudo o carvão
3. introdução acelerada de reactores nucleares do tipo «Breeder»
4. generalização acelerada da melhor utilização da energia disponível concomitante com o desenvolvimento de uma ou mais das alternativas anteriores.

III — ENERGIA E CRESCIMENTO ECONÓMICO

«Quando uma teoria se transforma numa doutrina, a doutrina se transforma num culto e o culto se transforma numa ilusão de massas, é tempo de fazer ouvir uma voz crítica. Tal é o estado presente da teoria, doutrina, culto e ilusão do crescimento económico (...).

A primeira lição que deve ser aprendida por todos é que o crescimento económico está longe de ser idêntico a aumento de bem-estar geral. Economistas e especialistas em Estatística, competentes e idóneos nunca afirmaram que o fosse, mas a opinião pública começou a acreditar não só que o crescimento do produto nacional bruto é caminho duma vida melhor para todos mas também que essa é a única via. Um único meio para um fim, transforma-se num fim em si mesmo. Indubitavelmente, o crescimento económico pode ser um meio para boas finalidades, mas também pode ser um meio para más finalidades. Quanto às finalidades, o crescimento é neutro.»

H. V. Hodson
em *«The diseconomics of Growth»*, Pan/Ballantine, 1972

1. Países «ricos» e «pobres», deesenvolvidos e subdesenvolvidos

Tornou-se comum classificar os países em ricos e pobres, desenvolvidos e subdesenvolvidos usando e abusando politicamente do significado de certos índices macroeconómicos entre os quais sobressai o P. N. B. «per capita». O estabelecimento de tal índice tem como característica que nele só entra o que se exprime em fluxos monetários (numa sociedade em que apenas existisse a troca directa, o P. N. B. seria nulo). Do seu cálculo exclui-se o valor de substituição, a degradação dos bens e recursos e outros valores socialmente relevantes. Exclui-se também o que não figura em estatísticas. (V. [2]).

Ao P. N. B. «per capita» juntam-se com frequência outros índices, como sejam os do consumo de energia «per capita», os do consumo de aço «per capita», etc.

O quadro seguinte apresenta uma dessas classificações [3].

«CLASSIFICAÇÃO DOS PAÍSES

	P. N. B./capita em 1973 (dólares EUA)	Consumo energia per capita em 1970 (Kg de equivalente em carvão)	População em 1973 (milhões)
Países Ricos	1280 — 5120	2048 — 16 384	977 (25,4 %)
Países Intermédios	640 — 1280	1024 — 2048	248 (6,4 %)
Países Pobres	40 — 640	64 — 1024	2629 (68,2 %)

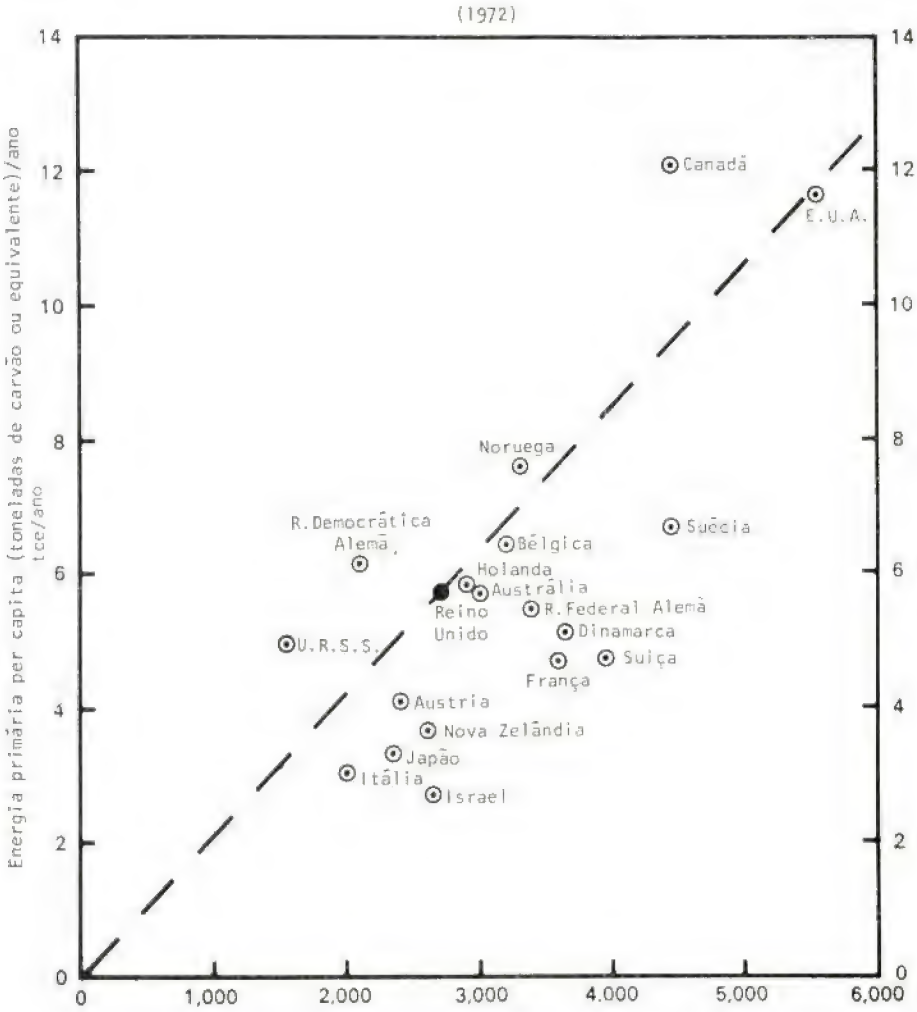
2. A relação Energia Consumida e P. N. B.

Tem sido habitual admitir uma correlação «linear» entre a capitação do P. N. B. e a do consumo de energia. A Figura seguinte [4] apresenta essa relação para alguns países industrializados.

Como se verifica existem países em que a relação P. N. B./capita e Energia/capita (ou P. N. B./Energia) se encontra francamente acima e noutros francamente abaixo. Portugal encontra-se sensivelmente sobre a «recta» que une os E. U. A. e o Reino Unido tomando os valores do I. N. E. para 1975.

ENERGIA E PRODUTO NACIONAL BRUTO NALGUNS PAÍSES INDUSTRIAIS

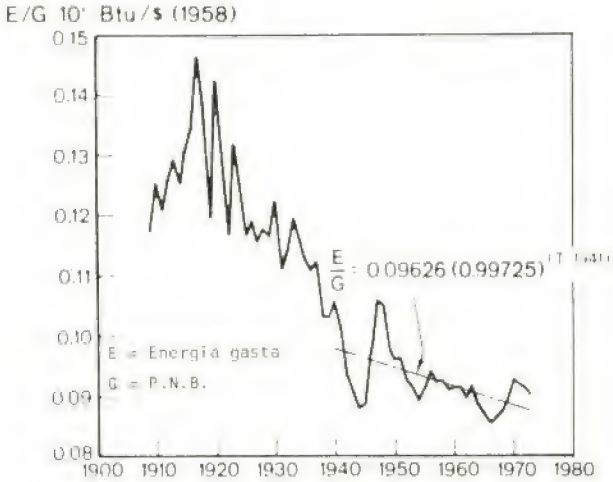
(1972)



Produto nacional bruto per capita em dólares E.U.A.

(Portugal 2,56 tce; ≈$1.600 (p. correntes) - 1975)

O comportameno, todavia, varia com o País e mesmo entre países em que o clima e a estrutura industrial não são muito diferentes. Dentro do mesmo País não existe o crescimento «linear» que por vezes se admite. Nos E. U. A. terá decrescido:



Consumo de energia por unidade de P.N.B.
Tendência ao longo dos anos nos E.U.A.
(segundo Institute of Gas Technology, Chicago)

Em Portugal, entre 1960 e 1974, verificou-se a tendência oposta [5].

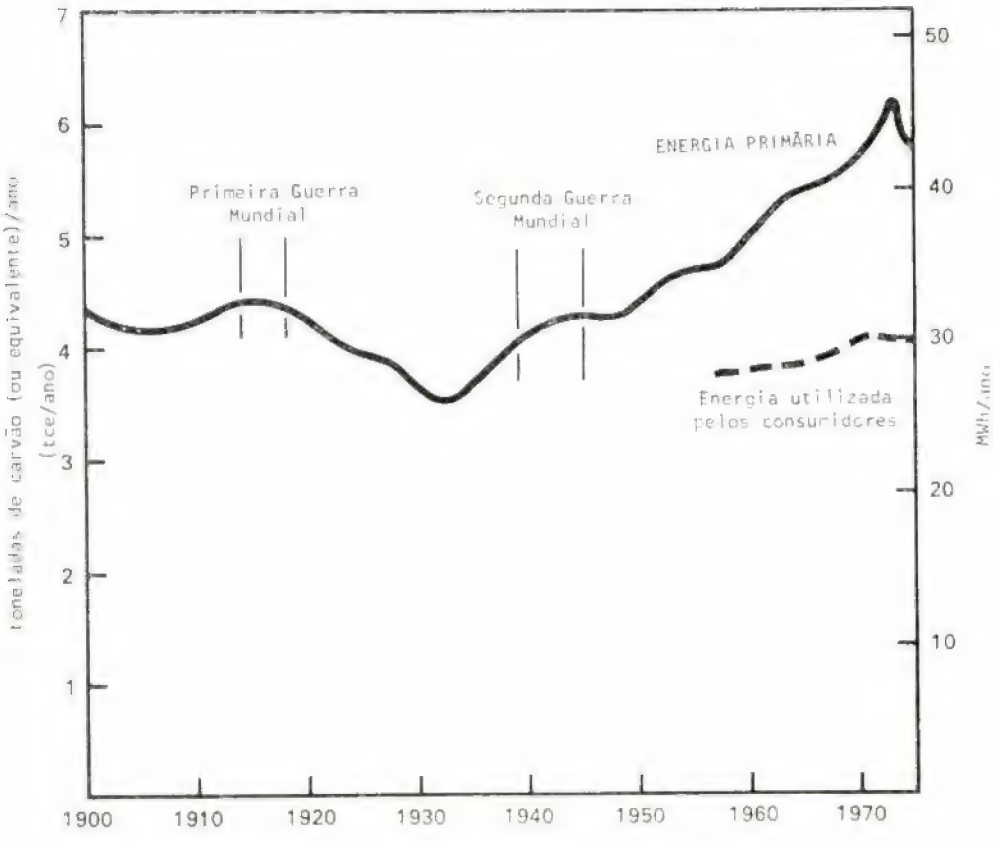
Atendendo a que P. N. B. e Consumo de Energia «per capita» são apenas variáveis macroeconómicas indicativas, não é de surpreender que a correlação das duas só tenha significado em situações históricas e estruturais bem definidas.

Uma análise mais aprofundada do custo em energia dos vários produtos seria certamente elucidativa [6] pois revelaria que o mesmo produto pode ser obtido com maior ou menor uso de energia consoante a filosofia adoptada for a do aproveitamento máximo dos recursos ou a da produção pela produção e do consumo pelo consumo em que o P. N. B. cresce sem que daí advenham quaisquer reais benefícios sociais.

Por outro lado, os dados que entram nas estatística e o modo como são considerados, são susceptíveis de significativamente alterar a interpretação final.

Nos dados considerados, tanto para o P. N. B. como para o consumo de energia, os combustíveis renováveis (lenha, resíduos, etc.) não são adequadamente tidos em conta mesmo quando as estatísticas o referem. Além disso, é comum contabilizar como utilizável o que efectivamente o não é. Em termos sociais, o que foi desperdiçado em energia e constitui agressão ambiental não deveria ser tomado como idêntico ao utilizado pelo consumidor, embora essa seja a prática corrente ao estabelecer a capitação dos consumos.

A Figura seguinte, que propositadamente se toma para um país industrial, como o Reino Unido, mostra como a um crescimento acentuado da energia primária gasta não corresponde um crescimento paralelo na energia útil posta à disposição do consumidor final [4].



UTILIZAÇÃO DE ENERGIA PER CAPITA NO REINO UNIDO

A diferença provém, essencialmente, das perdas na transformação da energia primária, associadas à utilização de equipamento e tecnologia pouco eficientes e, sobretudo, às perdas na conversão em energia eléctrica. Estas, sobretudo quando associadas à concentração da produção em grandes unidades termoeléctricas provocam além disso deseconomias externas crescentes devido à poluição. Todavia a correcção dos efeitos deletérios da degradação ambiental contribui para o P. N. B.

O rendimento na conversão da energia primária depende do equipamento utilizado e da estrutura económica onde se insere.

Nos países do terceiro mundo, de acordo com trabalhos recentes[7], [8], a energia primária disponível, tendo em conta a lenha, os resíduos, os animais, etc., não é significativamente inferior, «per capita» à dos chamados países desenvolvidos. Todavia, tal não se traduz em bem-estar porque o primitivismo com que são utilizadas faz com que o desperdício seja enorme. Porém, uma utilização de conhecimento científico e tecnológico no modo próprio dos países altamente industrializados também não altera a situação além de, em muitos casos, vir a agravar o seu problema alimentar.

Finalmente, importa acentuar que mesmo em países altamente industrializados, pode haver um crescimento do P. N. B. e uma descida no consumo de energia. De acordo com a «Newsweek» de 31.1.1977, o P. N. B. na República Federal Alemã cresceu de 2,3 %, em termos reais, desde 1973, embora o consumo total de energia tivesse descido de 2,2 %. Segundo o comunicado de imprensa da O. C. D. E., de 28.1.1977, relativo às perspectivas energéticas mundiais, a filosofia duma ligação rígida entre o P. N. B. e o consumo de energia também foi abandonada: a uma relação linear entre P. I. B. (*) e consumo de energia (verificada no período 1960-1974) prevê-se agora que igual aumento de P. I. B. exija 16 % menos do consumo de energia entre 1974 e 1985; tal contrasta significativamente com atitudes anteriores e deve-se sobretudo ao crescimento nos preços do petróleo bruto e à alteração na óptica de utilização dos recursos tecnológicos a que o mesmo deu origem.

Tais conclusões eram esperáveis, tendo em conta uma análise mais aprofundada do modo como a energia disponível pode ser utilizada na melhoria do bem-estar das populações.

(*) Usar o P. I. B. e não o P. N. B. não introduz alterações significativas nas conclusões.

3. Planeamento de consumos de energia e crescimento económico

Quando o crescimento económico é reduzido ao P. N. B., essa simplificação reduz o planeamento à modelação sobre índices de significado por vezes ainda menor. Tal modelação, assume, na forma mais expedita, uma extrapolação de tendências passadas. Em sofisticação intermédia, toma como padrão países que no passado apresentaram alguns índices macroeconómicos semelhantes nomeadamente quanto às capitações do P. N. B. e do consumo de energia. No domínio do planeamento dos consumos em electricidade, efectuado a partir de um número diminuto de grandes centros produtores, o período que o planeamento tem de abarcar é tanto maior quanto maiores são as potências unitárias, e mais longo o tempo necessário à sua entrada em funcionamento após a decisão de as realizar. Todavia, quanto mais longe no futuro se exige a previsão, maiores os riscos de a realidade se afastar das previsões. Deste modo, quando se deseja aumentar o crescimento económico, a tendência habitual é actuar sobre os índices que se admitem caracterizá-lo. Tendo havido entre energia eléctrica e P. N. B. uma relação algo estável (*) é tentador tomar a oferta de energia eléctrica disponível como arrastador do P. N.B. Assim foi, muitas vezes, ainda que o crescimento do P. N. B. fosse feito no supérfluo e no desperdício: havendo oferta disponível, forçou-se o consumo. A análise das políticas tarifárias e do crescimento sectorial dos consumos é esclarecedora. Na situação actual e na do futuro previsível, a questão de fundo é se tal atitude é admissível quando se visa o crescimento económico real e o bem-estar das populações. O que os dados revelam é que se há relação P. N. B./Energia Eléctrica, tal relação não será, certamente, a que se verificou no passado. Deste modo, qualquer planeamento efectuado no presente para a satisfação de necessidades futuras não pode prescindir duma análise mais profunda dos factores subjacentes à relação energia disponível — crescimento económico real, traduzido em melhoria de qualidade de vida. Ora, a melhoria de qualidade de vida e o crescimento económico real se dependem da disponibilidade em energia eléctrica dependem sobretudo da disponibilidade em energia útil.

Numa época de transição, em que a economia mundial procura novas formas de equilíbrio, em Portugal não só tais factos devem ser tidos em conta, como em conta deve ter-se o projecto económico e social para o qual o 25 de Abril abriu as portas. Neste contexto, uma política energética deve ser parcela de um todo. Como tal, não pode transformar-se a energia eléctrica num factor pré-determinante a pretexto de planeamento estrito a longo prazo, sobretudo se tal planeamento conduzir a decisões irreversíveis. Mesmo continuando a admitir a existência duma ligação P. N. B./Energia Eléctrica, não podem tomar-se os efeitos pelas causas. Os dados anteriores mostraram já a não rigidez de tal relação. A comparação das projecções efectuadas nos E. U. A., na R. F. A., na Suécia, e para o conjunto dos países da O. C. D. E., no curto prazo de 4 anos é suficientemente reveladora para que possa menosprezar-se. Tratando-se de países em situação económica significativamente diferente da nossa, e onde tais projecções teriam, princípio, bases mais sólidas, a primeira conclusão, a conclusão do bom senso, é a de que o planeamento da nossa política energética tem de garantir um elevado grau de adaptabilidade. Isso implica a preferência pelas soluções que confiram maior grau de segurança, as quais são também as que desaconselham as elevadas potências unitárias, pois são elas a que exigem maior tempo para a sua realização. Este tipo de considerandos contraria, naturalmente, uma opção nuclear, pois não é viável instalar nesse domínio unidades de potência quando muito equivalentes às dos maiores grupos térmicos convencionais cuja instalação está prevista. O caso das hidroeléctricas é diferente, até pelo simples facto de usarem formas renováveis de energia.

(*) As observações feitas à relação energia/P. N. B., são aplicáveis, à parte um factor de escala, à relação energia eléctrica/P. N. B. Há alguns anos tomava-se este. Mais recentemente aquele. A correlação entre ambos não é acidental: aplicados à mesma estrutura económica (e aos hábitos sociais que lhe estão implícitos) exprimem ambos sensivelmente o mesmo. Em termos de futuro, todavia, uma revisão esclarecida do que se encontra subjacente é susceptível de mostrar que o seu significado é bem diferente em termos de bem-estar, devendo ser abordados conjuntamente. Tal implica porém que se reveja o modo como se estabelecem os balanços energéticos nacionais.

IV — ENERGIA PRIMÁRIA E ENERGIA UTILIZÁVEL

> O produto físico último da vida económica é o lixo. O sistema extrai minérios e combustíveis fósseis (e num «boom» os desempregados) da Terra, mastiga-os no processo de produção e lança-os nos esgotos e lixeiras (...). Numa nave espacial não temos nem minas nem esgotos. A água tem de ir através das algas para os rins, para as algas, para os rins, e assim por diante, e de novo e de novo. Se a Terra tem de tornar-se uma nave espacial, temos de desenvolver uma economia cíclica na qual o homem possa manter uma situação agradável.
>
> Em tais circunstâncias a ideia de Produto Nacional Bruto afunda-se, muito simplesmente.

Kenneth E. Boulding,
Fun and Games with the Gross National Product — The role of Misleading Indicators in Social Policy, in «The Environemental Crisis», Yale University Press, 1970.

1. O omnipresente Segundo Princípio da Termodinâmica

Pelo Primeiro Princípio da Termodinâmica, a energia não se cria nem se destrói, apenas se transforma. Pelo Segundo Princípio da Termodinâmica, as várias formas de energia não são igualmente convertíveis umas nas outras em circunstâncias reais. Todas se podem converter integralmente em calor; mas não se pode converter integralmente o calor noutras formas de energia. O máximo de conversão depende da temperatura máxima a que se dispõe desse calor, e da temperatura mínima a que se pode rejeitá-lo.

Ao converter-se uma forma de energia noutra, ao «transportar-se» energia, há sempre uma conversão em calor. Ao processo chama-se habitualmente dissipação. É uma das implicações do Segundo Princípio da Termodinâmica. É dele que decorrre a impossibilidade de reciclar energia (*). A energia assume assim a característica única de ser, entre todos os bens usados pelo homem, o único que não é reciclável. A nave espacial exige um fluxo de energia. A vida exige um fluxo de energia. A energia, enquanto energia, conserva-se, pois não se cria nem se destrói. A energia, enquanto capacidade de alterar algo, perde capacidade em cada transformação que sofre ou alteração em que intervém.

A energia que a Terra recebe do Sol, é sensivelmente idêntica à que reenvia para o espaço exterior. Mas esta é de baixa qualidade, como de baixa qualidade é a energia térmica possuída pelos oceanos ou pela atmosfera. São quantidades enormes mas inúteis.

O Homem, ao utilizar combustíveis fósseis ou nucleares, transforma primeiro essa energia em calor.(**) Deste, apenas uma fracção é convertível em energia mecânica ou eléctrica. Uma e outra são interconvertíveis com elevado rendimento. A energia eléctrica transforma-se com facilidade, mas é dificilmente acumulável.. O transporte de energia, seja sob forma eléctrica, seja sob forma de combustível, custa dinheiro e custa energia. É útil, pois, examinar esse custo.

2. O custo do transporte de energia

A comodidade com que a energia eléctrica se transforma noutras formas de energia, e a «facilidade» com que se transporta, faz por vezes esquecer a dificuldade com que se armazena, e o custo com que se transporta. Num grande número de casos, o transporte de energia sob forma de electricidade é o mais dispendioso, não só em custo como em energia. A optimização custo — comodidade para o utilizador deverá, pois, estar sempre presente e ser considerado caso a caso.

No quadro seguinte, elaborado a partir dos valores obtidos por Hottel e Howard [9], Williams [10], Hill [11] e Dryden [12], têm-se em conta os valores extremos obtidos. Os preços referem-se a 1972/73. Todavia, mais do que os preços, importa o seu valor relativo, pois estes variam menos do que os valores absolutos. Para valor de referência tomou-se o valor médio do transporte de electricidade em linha aérea de alta tensão.

(*) Adopta-se nesta exposição o ponto de vista de que o 2.º Princípio da Termodinâmica foi tão exaustivamente comprovado e é tão indiscutivelmente aceite que se podem extrair conclusões de valor imutável tomando-o como base.

(**) A conversão directa não é significativa em termos globais.

CUSTO RELATIVO DE VÁRIOS MODOS
DE TRANSPORTE DE ENERGIA

Formas de energia	Custo monetário		Perdas de energia no transporte	Custo em energia do transporte em % da energia transportada por 100 Km
	Máximo	Mínimo		
Petróleo (pipe-line)	0,02	0,08	insignificante	0,38
Petróleo (caminho de ferro)	0,2		< 1 %	0,09
Gás Natural	0,03	0,17	1 a 2 %	0,12
Carvão (pipe-line)	0,17	0,25	< 1 %	0,12
Carvão (caminho de ferro)	0,21	0,52	< 1 %	0,12
Electricidade (linha aérea)	0,42	1,58	2 a 8 %	incluído nas perdas
Electricidade (cabo subterrâneo)	6,3	23		

Nota: O custo depende da distância entre os pontos de transporte, sobretudo para a electricidade. A partir de 150 ~ 200 Km os valores tendem rapidamente para um valor constante. Ver as referências originais para detalhes.

3. Energia útil e energia eléctrica

A energia eléctrica, pelas suas características, tendeu a assumir uma posição central no domínio da energia em detrimento de outras formas igualmente úteis e em inúmeros casos mais económicas. A pouca racionalidade da sua utilização, em termos de energia utilizável, encontra-se em inúmeros casos da vida quotidiana. Um caso típico é o aquecimento eléctrico. Neste, a forma final da energia utilizável é «calor», o qual pode ser obtido directamente da queima de um combustível. Todavia, se o aquecimento é eléctrico, do combustível que é queimado na caldeira de uma Central, apenas cerca de 1/3 chegam finalmente ao utilizador sob forma de electricidade. É esta que depois é transformada em calor pelo utilizador. Assim, a utilização de electricidade como forma intermédia de transporte de energia fez perder cerca de duas de energia primária por cada unidade de energia utilizada. Se a esta perda em energia se juntor o custo do seu transporte, verifica-se que, em muitas situações, a sobrevalorização da energia eléctrica carece de justificação em termos económicos, sociais e de utilização óptima dos recursos disponíveis. Talvez por força do hábito, nos balanços energéticos nacionais que figuram nas estatísticas, é em regra a energia do combustível queimado na Central que aparece e não a energia final utilizada. Tal prática pode conduzir a ilações precipitadas e a distorções de planeamento.

Com a observação anterior não se pretende diminuir a importância real da energia eléctrica, a qual é em muitos casos insubstituível; procura-se apenas acentuar a necessidade de a colocar na perspectiva económica e socialmente correcta de a não sobrevalorizar.

As perdas de energia primária associadas à conversão termoeléctrica são intrínsecas ao processo por força do Segundo Princípio da Termodinâmica. Todavia, não só a percentagem destas perdas pode ser reduzida com a tecnologia actual, como melhorias no futuro são previsíveis com a adopção de novos materiais ou de novos ciclos termodinâmicos. As perdas anteriores são perdas no sentido em que aquela energia se não transformou em energia eléctrica. Porém, elas apenas serão perdas no sentido amplo se tal energia não for utilizada para outras finalidades. Efectivamente, aquelas perdas aparecem sob a forma de calor, a baixa ou média temperatura. No caso dos combustíveis tradicionais, são perdas sob a forma de calor nos gases de combustão e perdas no circuito de arrefecimento. No caso de uma Central Nuclear, as perdas são sobretudo no circuito de arrefecimento. Aquela energia sob forma de calor a baixa ou média temperatura é, todavia, e em grande parte utilizável. Se o não é, constitui, em regra, apreciável agressão ambiental. Se, além do desperdício, se produzem efeitos ambientais desfavoráveis, ocorre naturalmente perguntar por

que motivo surgiu e permanece ainda em muitos casos tal atitude. A resposta a esta pergunta envolve factores económicos, sociais e políticos.

O factor económico mais saliente foi o baixo custo da energia primária que não estimulava uma utilização mais eficiente. Acresce que o «salto» mais significativo no aproveitamento da energia surge em instalações de fins múltiplos e que estas envolvem, em geral, mais do que um sector económico. O modo de repartir os encargos pelos vários sectores revelou-se e revela-se com frequência obstáculo intransponível. A complexidade técnica duma instalação de fins múltiplos também é, em regra, maior.

Não tendo em conta as instalações combinadas (ou de fins múltiplos) o produtor de energia eléctrica preconiza, habitualmente, as grandes potências unitárias, invocando economias de escala. Tal filosofia conduz, naturalmente, à centralização. Há, obviamente, economias de escala, tal como há deseconomias. Estas, porém, são o mais das vezes deseconomias externas (externas à contabilidade do produtor).

Em relação às instalações combinadas, é significativo o interesse renovado que actualmente despertam por força do aumento no custo da energia primária. Em 1977, o Ministério Francês da Energia anunciou que irá ser feito um esforço importante neste sentido. Nas instalações nucleares francesas de Pierrelate existe já um aproveitamento desse tipo. Na Suécia, de um dos primeiros reactores nucleares, além de energia eléctrica, usava-se calor perdido no aquecimento. Nos países nórdicos e na Europa Central, tal tipo de instalações com centrais térmicas clássicas é frequente. Refiram-se as redes de aquecimento urbano existentes em Hamburgo, Paris, Munique, Berlim, Helsínquia, Copenhague. Na Alemanha, as cidades de Essen e Dortmund decidiram interligar as suas redes de aquecimento. As potencialidades oferecidas por instalações deste tipo devem ser examinadas pois elas não apenas permitem o melhor aproveitamento duma energia que escasseia, como uma redução dos efeitos no ambiente da produção termoeléctrica.

4. Instalações combinadas ou de fins múltiplos

4.1. Como por cada unidade de energia eléctria produzida (numa Central convencional ou nuclear) cerca de duas são perdidades sob a forma de calor, vários esquemas de utilização têm sido propostos para o seu aproveitamento. O estudo efectuado no Oak Ridge National Laboratory (U.S. A. E. C.) [13] dá uma ideia da escala dessas aplicações para uma Central Térmica de dimensões cada vez mais correntes.

APLICAÇÃO DO CALOR PERDIDO NUMA CENTRAL DE 600 A 1200 MW (*)

Aplicação	Utilização	Quantidade aproximada do produto usando o calor perdido
Aquecimento	Vapor e água quente para usos residenciais, comerciais e industriais	Para uma cidade de 500 000 a 1 000 000 de habitantes
Produção de água doce...	A partir da água do mar ... ... De água salobra ... ... De reciclagem dos esgotos	Até: 2×10^6 m³/dia 2×10^6 m³/dia 2×10^6 m³/dia (cerca de 10 vezes o consumo de Lisboa)
Indústria	Electricidade e calor: * Produção de sal por evaporação... * Produtos petroquímicos... ... ... * Acetileno ... ... * Cloreto de polivinilo ... ... * Hidróxido de sódio ... ... * Papel Kraft	 2 775 t/dia 7 000 m³/dia 220 t/dia 500 t/dia 16 a 5 t/dia 500 t/dia
Agricultura	Irrigação de terra árida com água destilada ... ... Estufas (aquecimento e arrefecimento) Criação de frangos (aquecimento e arrefecimento de instalações)	Até: 2×10^6 m³/dia (130 000 hectares) 400 hectares 400 hectares

Os autores do estudo de que se extrai o quadro anterior examinando o caso do aproveitamento do calor perdido na Central Nuclear de St. Vrain, em Denver, E. U. A., concluiram que tal calor poderia ser usado no aumento da produção agro-pecuária e cobrir assim uma elevada percentagem do consumo de uma grande cidade, com o que se obteriam vantagens substanciais tanto para os seus produtores como para a Central. A electricidade produzida seria, porém, apenas cerca de um terço da necessária para a região de Denver em relação à qual o estudo foi feito.

O exemplo anterior é duplamente ilustrativo: mostra os enormes benefícios que podem ser extraídos duma instalação combinada mas revela também que a partir de certa dimensão da Central essa utilização integral se torna impraticável. Tal consequência decorre essencialmente do facto de a utilização total do calor perdido ser apenas viável quando o utilizador se situa numa zona não demasiado afastada da Central. Com o aumento das potências da Central, tal aproveitamento torna-se cada vez mais difícil devido à dimensão crescente das zonas que teriam de ser consideradas.

Em Portugal, a maior instalação prevista para utilização do calor perdido num complexo industrial, como é o Barreiro, conduz a uma potência eléctrica de cerca de 70 MW. Todavia, se considerarmos um distrito do interior, como o de Castelo Branco, verifica-se que em 1975 a energia eléctrica consumida corresponde sensivelmente à produção contínua de uma Central de $\sim$ 50 MW.

4.2. A existência de instalações combinadas não é nova, existindo inúmeros exemplos de aplicação concreta de há muitos anos. Todavia, as potências envolvidas são geralmente baixas quando comparadas com a potência de um simples Grupo duma Central Nuclear, ou mesmo (caso do nosso país) com os de uma Central Térmica Clássica como a do Carregado ou Setúbal. Tal não deveria impedir que se procurasse o máximo aproveitamento, mesmo em grandes centrais. A que primeiro ocorre é a da produção de água doce. Anote-se que no aproveitamento do Alqueiva, o qual virá a constituir o maior lago artificial da Europa Ocidental, $0{,}5 \times 10^9$ m³/ano serão utilizados para irrigação e $0{,}25 \times 10^9$ m³/ano para aproveitamentos industriais, incluindo o Complexo de Sines [15]. De acordo com o quadro anterior, a produção anual de água doce de

(*) 2.000 a 4.000 MWt — Megawatts térmicos libertados pelo combustível. A Central do Carregado, com 750 MW eléctricos, tem uma potência de $\sim$ 1.900 MWt.

uma instalação combinada seria de $\sim 0{,}7 \times 10^9$ m³/ano numa central de potência térmica de dimensão análoga à da futura Central Nuclear. A comparação deve entender-se como ilustrativa, pois uma conclusão segura apenas poderia ser estabelecida efectuando um estudo particular. Todavia, para além do interesse porventura existente numa tal realização, o exemplo é esclarecedor quanto à escala envolvida tratando-se de grandes centrais.

4.3. A outra alternativa, que logicamente se põe, é a produção descentralizada de electricidade. Neste caso, reduzindo-se as dimensões unitárias, as possibilidades de aproveitamento integral da energia aumentam substancialmente. A própria complexidade reduz-se. O aproveitamento integral aumenta obviamente o rendimento global da instalação e a desvantagem dum menor rendimento na produção de energia eléctrica que eventualmente se verificasse é largamente ultrapassado pelo rendimento global obtido. Todavia, importa assinalar que mesmo em relação à produção de electricidade, o rendimento não é necessáriamente menor se forem encaradas as várias soluções técnica e economicamente viáveis. Refira-se, como exemplo, que numa Central Térmica moderna com ciclo de vapor rendimentos superiores a 40 % na produção de electricidade são raros ($\sim$ 32 % numa Central Nuclear) mas que rendimentos de 45 % se obtêm já com Centrais Diesel utilizando combustível semelhante ao das Centrais a fuel. Grupos diesel até aos 140 MW começaram a surgir por força da alteração introduzida no mercado pelos novos preços do combustível. O diesel recupera assim e ultrapassa largamente o espaço que há anos havia perdido com o desenvolvimento das turbinas de gás, aparecendo também no domínio até há pouco inacessível (por razões tecnológicas) das potências mais elevadas o qual apenas era ocupado pelas Centrais termoeléctricas com ciclo de valor de água. Os custos em capital de tais soluções são hoje competitivas numa larga faixa com as outras soluções.

4.4. A primeira consequência de um ciclo termodinâmico de rendimento elevado — e no diesel os 40 % são correntes desde há anos — é uma redução no calor perdido. No caso do diesel, o calor perdido na água de refrigeração tem ainda a característica favorável de o ser a temperatura muito mais elevada que em Centrais de vapor, o que lhe permite ser directamente utilizado no aquecimento industrial e doméstico. Um exemplo antigo de tal utilização encontra-se numa Central de Londres. Outro, recente, no aeroporto de Roissy (Charles De Gaulle) em Paris (*). Há muitas mais. Um exemplo corrente em grandes motores é o do aproveitamento da energia dos gases de escape na sobre-alimentação do motor. Uma aplicação que se generaliza é o seu aproveitamento em conjugação com uma caldeira «de calor perdido».

4.5. Nos exemplos anteriores a tónica foi no aproveitamento do calor perdido numa Central cuja finalidade básica é a produção de energia eléctrica. Todavia, ainda mais frequente, é a produção de energia eléctrica como subsidiária na produção de vapor de processo ou de água de aquecimento, utilizando as chamadas instalações de contrapressão. No esquema mais típico o rendimento global é superior a 80 %, isto é, mais do dobro do que se verifica nas grandes Centrais Termoeléctricas, Convencionais ou Nucleares. No Reino Unido, cerca de 20 % da electricidade consumida na indústria é produzida em instalações deste tipo. Nos E. U. A. economias de 30 % generalizando instalações deste tipo foram estimadas [16], apesar do modo significativo como já são utilizadas.

Um dos principais obstáculos à maior disseminação de instalações deste tipo reside na dificuldade em harmonizar as necessidades instantâneas em electricidade e em vapor numa mesma instalação, sobretudo devido às limitações legais ou tarifárias impostas à emissão para a rede geral do excesso de electricidade produzida. Tal atitude limita, para além do razoável, a viabilidade de tais soluções aos casos localizados da produção de electricidade se destinar apenas a consumo próprio. Numa política energética integrada e ao serviço da comunidade, não há muitas justificações para imposições daquele tipo, pois não só elas conduzem a desperdícios assinaláveis de energia primária como ainda a deseconomias externas.

5. Centralização-descentralização

5.1. Os dados anteriores, apesar de sucintos, revelam que a tendência acentuada para centralizar a produção de electricidade carece de fundamento em muitos casos. Na fase dos grandes aproveitamentos hidro-eléctricos existiu (e existirá) justificação económica para grandes potências unitárias, pois só através delas se conseguiu o melhor aproveitamento da energia *renovável* disponível. A rentabilização de tais empreendimentos exigia o consumo da electricidade produzida, pelo que o desencorajamento legal e tarifário de aproveitamentos termo-eléctricos de fins múltiplos encontrou aí um argumento importante (todavia ele arrastou também a inviabilização dos pequenos aproveitamentos hidro-eléctricos de fins múltiplos...). A situação actual é, todavia, acentuadamente diferente, pois não só os recursos hidro-eléctricos se aproximam do seu

(*) Usa o calor dos gases de escape.

esgotamento como ainda a irregularidade das chuvas obriga à existência de um parque termo-eléctrico que supra as flutuações. Num parque termo-eléctrico primacialmente destinado a fazer face às flutuações de pluviosidade anual ou inter-anual, os aproveitamentos de fins múltiplos encontram menos justificação pois as flutuações na produção termo-eléctrica arrastariam à flutuação das produções subsidiárias.

Num país com razoável desenvolvimento industrial, em que a totalidade da produção hidro-eléctrica é consumida, e não basta, uma produção termo-eléctrica contínua torna-se impescindível, tendendo o papel das hidroeléctricas e das termo-eléctricas a inverter-se. Nalgumas soluções preconiza-se que os consumos base sejam satisfeitos pela componente termo-eléctrica e/ou parcialmente pelas hidro-eléctricas, mas com predomínio destas na satisfação das pontas de consumo. Tal orientação, que assegura a regularidade do funcionamento da produção termo-eléctrica, é uma condição importante para que a produção de energia em reactores nucleares se torne viável. Efectivamente, as bruscas variações de carga num reactor nuclear são (actualmente) tecnicamente inviáveis e a sua flexibilidade é, sob este aspecto, significativamente inferior à de uma termo-eléctrica convencional de potência equivalente. Para além das limitações técnicas, a rendibilidade económica exige o maior número possível de horas de funcionamento à potência nominal, devido aos elevados encargos de capital. Deste modo, e em termos genéricos, o deslocamento da produção termonuclear para a base do diagrama de cargas e a satisfação duma fracção importante das pontas de consumo por hidro-eléctricas obrigará estas a subordinarem-se à produção de electricidade secundarizando o seu papel em utilização de fins múltiplos, quais sejam a rega e outros.

5.2. As observações anteriores não pretendem condenar ou, «à priori», exaltar, méritos ou deméritos de soluções até agora preconizadas ou adoptadas em Portugal. Procuram sim acentuar que o condicionalismo actual é bem diferente, não só por força do próprio desenvolvimento como também pelas imposições que decorrem do consumo de fontes não renováveis de energia. Da sua análise conjunta resulta que limitações técnico-económicas que existiram para os aproveitamentos descentralizados e de fins múltiplos se atenuaram ou desapareceram mesmo em muitos casos. Há, pois, que tê-lo em conta e que examinar atentamente, caso a caso, as novas alternativas que à comunidade se oferecem.

5.3. Não pondo sequer em dúvida o contributo da electricidade para a melhoria da qualidade de vida e reconhecidas as vantagens duma rede interligada, levanta-se naturalmente a questão de saber se tais benefícios e vantagens inequivocamente apontam para a concentração da produção e para o crescimento das potências de grandes centrais termo-eléctricas convencionais ou nucleares. Em termos de ambiente, as grandes concentrações (pelos efeitos colaterais que sempre arrastam relativamente à capacidade regenerativa da natureza quando certos valores específicos de agressão se ultrapassam) são obviamente desaconselhadas. A dispersão dos centros produtores atenua as agressões; se encaradas na óptica das utilizações de fins múltiplos, aumentando o rendimento, prolonga-se a vida dos recursos não renováveis tornando simultâneamente mais fácil transformar num benefício relativo o que de outro modo seria um prejuízo.

Tecnicamente, o grau de desenvolvimento que já alcançámos viabiliza mais facilmente os fins múltiplos mesmo nos casos em que a electricidade é um subproduto. Tal resulta do facto de tal produção ser, em termos unitários, percentualmente baixa o que permite não só uma compensação estatística entre unidades dispersas, como ainda um grau de segurança elevado pois o falhar de uma unidade pouca influência terá no conjunto. Para que a compensação múltipla seja possível, a interligação à rede geral é imprescindível. Uma rede geral interligada é, pois, factor de vantagem adicional. Todavia, é tecnicamente conhecido que o custo de tal rede depende dos fluxos de energia que tem de assegurar. Se todo o abastecimento do País tiver de ser assegurado a partir de um número pequeno de pontos, os fluxos serão maiores e predominantemente unidireccionais. Se a rede se destina primacialmente a transferir saldos regionais ou sub-regionais de produção e consumo, os fluxos serão obviamente menores. Que assim é, mostra-o o facto de, por exemplo a nível europeu, cada país procurar satisfazer com prorução própria os seus consumos sem que esse facto se invoque para não interligar as redas, através das quais se permutam os saldos. Por esse facto também, dentro de cada país, as grandes centrais termo-eléctricas tendem a situar-se no centro de gravidade dos consumos, desde que os recursos em água de refrigeração e acessos ao combustível não tornem estes factores dominantes. A aproximação das grandes centrais das grandes zonas de consumo constitui, naturalmente, um factor adicional de concentração pois a disponibilidade de energia é componente importante para o desenvolvimento industrial. A tentativa de correcção do efeito por via tarifária tem um custo económico que não pode ser ignorado.

Se, para além dos factores anteriores for tido em conta o custo monetário e em energia do transporte de energia, novas variáveis intervêm na optimização global. Efectivamente, uma rede eléctrica pode transportar apenas... energia eléctrica. Uma rede de transportes rodoviários ou ferroviários permite transportar energia sob a forma de combustível tal como permite o transporte de toda uma enorme gama de produtos... e de passageiros. Ora, a facilidade de transporte de pessoas e bens é factor indiscutível de progresso e de aumento de qualidade de vida. Economicamente, tais vias de comunicação têm tanto mais razão de

ser quanto maiores os fluxos. No nosso país é sabido como tem sido difícil rendibilizar e melhorar os transportes de toda a natureza nas regiões do interior.

Outros factores haverá ainda que ter em conta ao considerar o problema no seu conjunto, nomeadamente os da energia e os da elevação do nível profissional e tecnológico nas zonas mais desfavorecidas. A descentralização da produção tratando-se de pequenos aproveitamentos hidro-eléctricos promove o emprego local, pelo menos temporariamente. A descentralização em termo-eléctricas de fins múltiplos cria empregos permanentes e leva à fixação local de trabalhadores mais qualificados tecnicamente. Para certos trabalhos de reparação e manutenção pode certamente recorrer-se à pequena indústria local. A própria familiarização desta com tecnologias mais avançadas é certamente factor de promoção. Recorde-se, apesar das intrínsecas limitações da analogia, que a manutenção e assistência de veículos automóveis é principalmente feita ao nível regional, sem que do facto se possa inferir que ela é, presentemente, pior do que a efectuada em grandes centros.

6. Conclusões

Encarando o problema no seu conjunto, isto é, tendo em conta os encargos e as perdas de uma produção centralizada em centrais de grandes potências unitárias, poderá concluir-se que:

a) A produção centralizada conduz a maiores encargos e piores rendimentos globais, diminuindo a viabilidade de instalações de fins múltiplos com o aumento das potências.

b) A produção centralizada diminui a segurança global do abastecimento devido ao peso maior que representam no conjunto as potências unitárias.

c) A produção centralizada reduz o número de empregos para o mesmo capital investido e aumenta os efeitos deletérios sobre o ambiente.

Tais conclusões, acentua-se, não têm carácter absoluto. Apenas um estudo pormenorizado permtirá encontrar o necessário equilíbrio. A determinação da melhor solução tem necessariamente de ter em conta as limitações impostas por um programa de tão grande escala. Do facto decorre que se à descentralização for dado todo o peso que lhe compete, a implementação de tal política leva anos. Por esse motivo, a instalação de grandes centrais terá de prosseguir, pela necessidade de assegurar o tempo suficiente a uma transição. Nessas centrais (por razões idênticas) a sua utilização para fins múltiplos (embora parciais) implicando uma revisão de práticas tradicionais, também é morosa. Todavia, o facto de uma mudança levar tempo não é seguramente razão para que se não encare, por isso mesmo, desde já. Encará-la, desaconselha a opção por soluções a longo prazo em que são predominantes as elevadas potências unitárias. Uma opção nuclear tem, certamente, de ser encarada nesta perspectiva.

V — A OPÇÃO NUCLEAR E A ESCASSEZ DE URÂNIO

«Examine, mesmo superficialmente, qualquer produto da tecnologia e encontrará os valores e finalidades da sociedade que ela pretende servir. A tecnologia é como o material genético — transporta com ela o código da sociedade que a concebeu. É por isso que a escolha de uma tecnologia é hoje uma decisão tão crucial para as nações em desenvolvimento. A espécie de sociedade e a espécie de desenvolvimento que elas criarão depende numa larga medida de tecnologia que escolherão para a tarefa do desenvolvimento.»

Amulaya Kumar Reddy,
«Uniterra», Vol. 1, n.º 1.

1. As reservas de urânio e os Reactores do tipo «Breeder (F. B. R.)»

As reservas de urânio conhecidas mostram que a sua duração será de poucas décadas a menos que a curto prazo sejam introduzidos os Reactores a neutrões rápidos (F. B. R., ou sobrerregeneradores ou «breeders»).

Em relação aos F. B. R., Sir Brian Flowers, Reitor do Imperial College (membro «part-time» da United Kingdom Atomic Energy Authority» e Presidente da «Royal Comission on Environmental Pollution») afirmou numa Conferência organizada pelo «Financial Times», em Londres, em 8-9 de Julho de 1976, sob o tema «Nuclear Power and the Public interest: the implications for business» [17]:

«[A Comissão sobre o Ambiente] acredita que ninguém se deve basear para algo de tão básico como a energia num processo que produz em quantidade um subproduto tão perigoso como o plutónio a menos que se esteja absolutamente convencido que não há alternativa (...). Nós, não fomos convencidos pela evidência que este seja o caso (...). Devido às suas propriedades tóxicas e físseis, o plutónio constitui uma arma poderosa e sem igual para os que estejam suficientemente determinados a impor a sua vontade.

Nestas circunstâncias, não acredito que a questão seja a de se alguém deliberadamente o adquirirá para efeitos de terrorismo ou chantagem, mas apenas a de quando e com que frequência (... o farão).

Não há dúvida que [... uma instalação de demonstração] pode ser construída e operada desde que sejam conseguidos os meios e as salvaguradas necessárias de tal modo que essa instalação seja, quanto ao Ambiente, um objecto em si mesmo aceitável; enquanto tal não nos opomos. Todavia, é mais um passo de um bilião de libras numa via tecnológica que poderá revelar-se inaceitável ou mesmo catastrófica.»

Na mesma conferência L. Grainger analisou a viabilidade do contributo dos F. B. R. para a produção de electricidade. Tendo em conta as limitações existentes quanto às reservas de urânio conhecidas (e estimadas) e as necessidades em plutónio para operar tal tipo de Reactores mostra que o plutónio que pode ser obtido nos actuais Reactores de fissão, e dos próprios F. B. R. é, no entanto, muito escasso. Com a tecnologia presente, um sistema nuclear baseado inteiramente em F. B. R. seria incapaz de manter uma taxa de crescimento superior a 2%/ano [18]. Graiger afirma ainda:

«A capacidade teórica de um Reactor «Breeder» extrair 60 % da energia do urânio, em contraste com cerca de 1 % actualmente conseguido com Reactores Térmicos tem sido largamente publicitada. Isto (...) tem sido mal interpretado ao inferir-se que a introdução de Breeders poderia salvaguardar o Reino Unido das subidas no preço do urânio (...). A eficiência com que o urânio total fornecido ao sistema pode ser usado aumenta lentamente e, mesmo na melhor hipótese considerada, não excede 5 % nos primeiros cem anos (...).

Tendo em conta estas longas escalas de tempo, não surpreende que um atraso na introdução de Reactores Breeders tenha pouco efeito na sua contribuição [para o futuro]. Na verdade, a taxa inicial de construção de Breeders pode ser mais rápida devido aos grandes stocks de plutónio adquiridos [mas na melhor das hipóteses eles não chegariam a 70 % da capacidade nuclear instalada daqui a 50 anos] (...).

Gostaria de acentuar que a energia nuclear (...) não será a fonte de energia barata e abundante que algumas vezes se imagina».

2. Que Futuro?

À parte os enormíssimos problemas de segurança que levanta, à parte as profundas implicações sociais e políticas que lhe são inerentes, uma opção nuclear só faz sentido numa perspectiva de futuro. Em termos de produção de energia, a introdução de Reactores nucleares de fissão em países que os não possuem compreende-se apenas na óptica do seu natural prolongamento pelos «Breeders». Mas o contributo dos «Breeders», mesmo introduzidos na sua máxima escala só será sensível a longo prazo, dada a necessidade de produzir o plutónio suficiente nos Reactores nucleares usuais. Gera-se assim a paradoxal situação de o plutónio que se foi e vai acumulando, representar actualmente um dos mais difíceis problemas de resolver e de as quantidades existentes serem por sua vez insuficientes para o lançamento de significativo programa de «Breeders». Acelerar os programas nucleares existentes para que o plutónio disponível aumente, acelera o esgotamento dos recursos conhecidos de urânio. Aliás, segundo a U. K. A. E. A. [18], os programas nucleares actualmente em curso absorverão, por alturas de 1990, todas as reservas conhecidas e estimadas de urânio a preços até $110/kg. Talvez por isso nos encontremos actualmente no ponto crítico das decisões sem retorno. Esperou-se demasiado do Nuclear, deixou-se crescer rapidamente a ilusão sem nos darmos conta que os problemas cresciam mais rapidamente que a nossa capacidade em resolvê-los.

Postos face a face com a sequência lógica dos Reactores de fissão, assiste-se em praticamente todos os países que desde cedo investiram pesadamente no Nuclear a uma profunda e extensa reanálise das suas políticas energéticas. Os dados mostram que tal reexame não é apenas fruto de preocupações ambientais. Ele é, sobretudo, a consequência de manifestações a nível do económico e do político.

O conhecido semanário alemão «Der SPIEGEL» num dos números de Janeiro de 1977, apresentava a todo o tamanho da sua capa «Energia Nuclear — a Grande Ilusão». O grande ecologista E. P. Odum, Director do Instituto de Ecologia da Universidade da Geórgia, e um dos pioneiros na análise do efeito das radiações no ecossistema, por incumbência da U. S. A. E. C., afirmou recentemente [19]:

> «Fui convidado para a Primeira Conferência em Genebra dos Átomos para a Paz (1953)... O optimismo esteve muito alto em Genebra pois todos nos sentíamos excitados pela nova revolução que estava tendo lugar. O discurso de abertura foi feito pelo Director da Comissão de Energia Atómica de um país não desenvolvido (...). Os delegados dos países não desenvolvidos estavam excitadíssimos porque julgavam surgida a oportunidade de virem a ser iguais a todos os outros pois, teoricamente, a energia do átomo estaria em qualquer sítio e não poderia ser previlégio apenas dos países ricos (...). Depois da idade da energia muscular e da idade de nergia dos combustíveis fósseis tinha de ser a idade da energia atómica e esta seria uma idade que duraria para sempre porque teoricamente a energia do átomo é ilimitada. Estávamos todos confiantes em que por 1970 a conversão à energia atómica estaria bastante avançada. Afinal onde é que nos enganamos?
>
> Creio que em várias coisas (...). Falhamos no elevado custo da mudança dos combustíveis fósseis para outros tipos de energia (...). Creio, também, que o que todos nós esquecemos foi o Segundo Princípio da Termodinâmica.»

VI — OPÇÃO NUCLEAR E POLÍTICA DE AMBIENTE

> «A religião da economia promove a idolatria da mudança rápida esquecendo o truismo elementar de que uma mudança que não é uma melhoria indiscutível é uma bênção duvidosa. O encargo de o provar é imposto aos que adoptam o «ponto de vista ecológico»: a menos que *eles* possam demonstrar danos acentuados no homem, a mudança prosseguirá. O senso comum, pelo contrário, sugere que o encargo da prova deve competir *àquele* que deseja introduzir uma mudança; *ele* tem de demonstrar que *não pode* haver consequências destruidoras. Mas isto levaria muito tempo e não seria económico. Por isso, a Ecologia devia ser uma disciplina obrigatória para todos: economistas, profissionais, leigos. Tal ajudaria, pelo menos, a restaurar um pouco do equilíbrio.»
>
> *E. F. Shumacker,*
> The Des Voeux Memoria Lecture: «Clean Air and Future Energy — Economics and Conservation». National Society for Clean Air, London 1967

«Uma Ecosfera desenvolvida durante milhões de anos, deve ser considerada como possuindo algum mérito. Qualquer coisa tão complicada como um planeta, habitado por mais de um milhão e meio de espécies de animais e plantas, todos eles vivendo em conjunto num equilíbrio mais ou menos harmonioso no qual continuamente utilizam e reutilizam as mesmas moléculas de solo e ar, não pode ser melhorado por remendões sem finalidade e sem informação. Todas as alterações num mecanismo complexo envolvem risco e só devem ser empreendidas após um estudo cuidadoso de todos os factos disponíveis.»

Ralph e Mildred Buchsbaum,,
Basic Ecology, 1957

«Os dados existentes são insuficientes para estabelecer uma base segura de avaliação dos efeitos da radiação para todos os tipos e níveis de irradiação.»

Memorandum da Federal Radiation Council ao Presidente dos E. U. A., citado por L. Rogers, Director of Regulatory Standards, U. S. Atomic Energy Comission in Proceedings of a Conference on Environmetal Impact of Nuclear Power Plants», Georgia Institute of Technolofy, 1974

1. Formas renováveis e não renováveis de energia

Pode inferir-se dos conhecimentos existentes (acerca das reservas e de tecnologia) que os combustíveis nucleares se esgotarão primeiro que os fósseis (carvão, petróleo...). A utilização de uns e outros provoca agressões ambientais, muito embora os poluentes com origem na utilização dos combustíveis fósseis façam parte dos ciclos biogeoquímicos naturais. Produtos radioactivos com origem em reactores nucleares permanecem durante milénios com perigosidade mortal. Impedir durante milénios a sua entrada no ambiente tem de ser assegurado. Existem ainda, além daqueles, outros produtos radioactivos que são descarregados no ambiente em condições normais de funcionamento. Em termos de perigosidade ambiental é habitual considerar os efeitos do funcionamento normal de centrais nucleares e do funcionamento normal de centrais convencionais. Os efeitos deletérios de ambas têm sido analisados. As consequências em caso de acidente grave são, todavia, acentuadamente diferentes. Uma quantificação de efeitos em termos probabilísticos tem de ser feita caso a caso. Para o nosso país, desconhecem-se estudo pormenorizados, pelo que só podem emitir-se conclusões de tipo genérico. Estas, tendem a ser controversas, como é habitual nas circunstâncias em que os juízos de valor carecem de exaustivo suporte objectivo ou em que não se explicitam claramente as hipóteses admitidas.

Sem especulação acerca das reservas em fontes não renováveis de energia que virão ou não a surgir, parece indiscutível que a via do futuro, tanto sob o aspecto de energia como do ambiente se encontra nas formas renováveis de energia: sol, vento, ondas, marés, biogás, etc. para além dos já tradicionais aproveitamentos hidroeléctricos. Estas formas, tal como a geotermia, não foram aprofundadas nesta exposição apenas porque a opção presente se insere na perspectiva do curto e médio prazo.

No curto prazo, com excepção das hidroeléctricas, o contributo das outras formas renováveis de energia *para a produção de electricidade em larga escala* não poderá ser muito significativo. Por isso, neste trabalho se pôs a tónica no melhor aproveitameno dos recursos fósseis existentes pois a sua utilização continuará imprescindível durante longos anos. Esse anos serão os da mudança para novas estratégias e para as fontes renováveis de energia. As fontes renováveis são também, tipicamente, formas de energia não concentrada.

O aproveitamento óptimo dos combustíveis fósseis, e a descentralização, facilita a mudança. A opção nuclear, sendo também uma opção de médio prazo, não se apresenta hoje, devido ao progresso verificado no conhecimento científico, como aquela opção indiscutível que há uns anos se pensava vir a resolver definitivamente o problema do abastecimento energético. Pelo contrário, a utilização da energia nuclear surge no presente e em todos os países como tema de acesa controvérsia, sinal de que uma clarificação se impõe. Para quem não optou no passado pelo nuclear, parece mais adequado aguardar essa clarificação e aprofundar as alternativas.

2. Opção nuclear

A atitude de bom senso que se perfilha fundamenta-se em conhecimento objectivo que, para as circunstâncias peculiares do nosso país, é incompleto. Se a alternativa que restasse fosse apenas ou

Nuclear ou bloqueio (ou retrocesso) no sentido da melhor qualidade de vida, seria inadmissível pô-la em dúvida, como inadmissível seria a um Governo não tornar claramente conscientes os cidadãos para os riscos inerentes à alternativa. Todavia, não se afigura que a situação tenha atingido o dramatismo de tal simplicidade. Aliás, o contributo significativo do Nuclear só surgiria daqui a 15 ~ 20 anos. Se, como por vezes sucede noutros domínios, se procurasse descortinar o futuro extrapolando o passado recente, concluiríamos que relativamente às vantagens do nuclear tal perspectiva se deteriorou acentuadamente nos últimos anos. Não optar pelo Nuclear, não se apresenta, inequivocamente, como um bloqueio. Em termos globais parece surgir, bem mais claramente, como um alternativa irreversível.

A longo prazo e «à priori» a opção nuclear não se condena nem se aprova, mas considera-se que existe uma larga margem de incerteza que os estudos adequados ao nosso país seguramente reduzirão. Por isso, o senso comum, que reforça uma perspectiva de Ambiente, desaconselha as decisões que apontam para vias de não retorno.

Tal como a «Royal Comission on Environmental Pollution», no 6.º relatório publicado em Setembro de 1976, e referente à Energia Nuclear, perfilha-se a citação do Prémio Nobel da Física em 1971:

> «Se um problema é demasiado difícil de resolver, não pode pretender-se que está resolvido invocando todos os esforços feitos para o resolver.»
>
> *Hannes Alfvén,*
> Bulletin of the Atomic Scientists, Maio 1972.

3. Conclusão

Do Programa do Governo, tornado imperativo pela sua aprovação na Assembleia da República, consta:

> «Os países em vias de desenvolvimento, como Portugal, ao procurarem caminhar para um maior nível de bem-estar, devem recorrer principalmente ao trabalho e ao conhecimento de modo a aplicar da melhor forma os factores ecológicos que o ambiente põe ao seu dispor. Devem, nomeadamente, nesta linha de preocupações: proceder a uma utilização intensiva de mão-de-obra; promover obras de fomento de pequeno porte e dispersas por todo o território, orientar a indústria ligeira para a agricultura, com recurso a uma tecnologia de ponta que saiba utilizar eficientemente as nossas disponibilidades (...). Tudo isto, segundo uma política democrática que atenue, até a eliminar, a separação injusta entre o homem do litoral e do interior.»

É da aplicação da Ciência que surgirá a melhoria crescente da qualidade de vida, se a Ciência e a tecnologia forem orientadas para essa revolução. A qualidade de vida degradar-se-á continuamente se as capacidades de inovação científica e tecnológica se orientarem para a satisfação de consumos artificialmente gerados, por muito que tais consumos ajudem ao crescimento do P. N. B., e por muito que tais consumos engendrem outros para corrigir os seus efeitos deletérios.

REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA SUMÁRIA

[1] J. J. Delgado Domingos — A Crise do Ambiente, «Técnica» n.º 417, Novembro 1972.
[2] Kenneth E. Boulding — Economics as a Science, Mc Graw-Hill, 1970.
[3] H. Brown — Energy in our Future, Energy Reviews, 1976.
[4] Royal Commission on Environmental Pollution, Sixth Report, Nuclear Power and the Environment, H. M. S. O., London 1976.
[5] Direcção-Geral dos Combustíveis, Informação Petróleo n.º 19/1976.
[6] J. J. Delgado Domingos — Recursos Naturais, Economia e Sociedade, «Técnica» n.º 437, Dezembro 1976.
[7] A. Makhigani, A. Pole — Energy and Agriculture in the Third World (A Report to the Energy Policy Project of the Ford Foundation), Ballinger pub., 1975.
[8] G. Leach — Energy and Food Production, I. P. C. Press, 1976.
[9] H. C. Hottel, J. B. Howard — New Energy Technology, M. I. T. Press, 1971.
[10] E. C. Williams — Energy Policy and Planning — A General View, Conf. on Energy Transfer in the U. K. and its Relation to E. E. C. Policy, 1973.
[11] G. R. Hill — Chemtech, 1972.
[12] I. G. C. Dryden (General Editor) — The Efficient Use of Energy, I. P. C. Press, London, 1975.

[13] S. E. Beall — Agricultural and Urban Uses of Low Temperature Heat, Oak Ridge National Laboratory, v. [14].
[14] S. P. Mathur, S. P. Ronal (Ed.) — Conference on Beneficial Uses of Thermal Discharges, September 17-18, 1970, New York State Dept. of Environmental Conservation.
[15] United Nations Water Conference, Portugal: National Report, 1976.
[16] A Time to Choose (America's Energy Future, Energy Policy Project of the Ford Foundation), Ballinger Pub., 1974.
[17] W. C. Patterson — Energy Policy, n.º 4, 1976.
[18] L. Grainger — Energy Policy, n.º 4, 1976.
[19] E. P. Odum — The Ecosystem Approach, Proc. Conf. on Environmental Impact of Nuclear Power Plants, School of Nuclear Engineering, Georgia Institute of Technology, 1974.
[20] M. Clark — Energy for Survival (The Alternative to Extinction) Anchor Press, 1975.
[21] L. C. Ruedisili, M. W. Firebaugh (Ed.) — Perspectives on Energy, Oxford University Press, 1975.
[22] A. B. Lovins — Nuclear Power (Technical Bases for Ethical Concern), Earth Resources Research Ltd., 1975.
[23] Energie Nucleaire, un Choix Sage? — La Revue Nouvelle, Numero Special, Septembre 1976.
[24] Progress in Nuclear Energy (Proceedings of the European Conference — Paris 21-25 April 1975), Pergamon Press, 1976.
[25] E. F. Schumacker — Small is Beautiful (A Study of Economics as if People Mattered), Abacus, 1976.
[26] W. C. Patterson — Nuclear Power, Penguin Books, 1976.
[27] A. B. Lovins — World Energy Strategies (Facts, Issues and Options), Friends of the Earth International, 1975.
[28] P. Chapman — Fuel's Paradise (Energy Options for Britain), Penguin Books, 1975.
[29] W. W. Lowrance — Of Acceptable Risk (Science and the Determination of Safety), Williams Kaufman Inc., 1976.
[30] J. J. Delgado Domingos — Alternativas Energéticas, «Técnica» n.º 437, Dezembro 1976.
[31] Future Energy Production, Heat and Mass Transfer Problems, International Centre for Heat and Mass Transfer, 1975.
[32] F. L. Parker, P. A. Kreukel — Physical and Engineering Aspects of Thermal Pollution, Betterworths, 1970.
[33] D. A. Vries, N. H. Afgan — Heat and Mass Transfer in the Biosphere, Scripta Book Comp., 1975.
[34] J. J. Delgado Domingos — Aproveitamento da Energia Solar em Portugal, «Técnica» n.º 437, Dezembro 1976.
[35] L'Electronucleaire en France, Seuil 1975.
[36] L. Grainger — Coal into the Twenty First Century, Journal of the Institute of Fuel, p. 66, 1975.
[37] G. Hopkins Daniel — Energy and Land Policies, Journal of the Institute of Fuel, p. 115, 1976.
[38] K. L. Lavrenko, L. A. Melent'ev — Principal Scientific Problems in Power Engineering, Teploennergetika, 1975.
[39] B. Di Crescenzo — Crise de Energia ou Crise Política?, Editorial Estampa, Lisboa 1974.
[40] François Perroux — A Independência da Nação, Iniciativas Editoriais, Lisboa 1977.
[41] P. Duvigneaud — La Synthèse Ecologique, Ed. Doin, Paris 1974.
[42] R. Margalef — Ecologia, Ediciones Omega, Barcelona 1974.
[43] J. A. Schetz (Ed.) — Thermal Pollution Analysis, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1975.

Feiras, Congressos, Exposições...

CONGRESSO 77

A Ordem dos Engenheiros irá realizar, na segunda quinzena de Novembro em Lisboa, um Congresso que se destina a tratar de assuntos de carácter técnico, científico e profissional e ainda apreciar a actividade desenvolvida pela Ordem.

Pretendem os organizadores, através deste Congresso, debater os grandes problemas da vida nacional ligados à esfera de acção dos engenheiros, contribuindo assim para a resolução desses problemas, visando ao mesmo tempo a elevação do nível técnico da engenharia portuguesa e a valorização da sua imagem no conceito interno e internacional.

O Congresso será dividido em duas partes. A primeira, aberta a todos os membros efectivos da Ordem, destina-se a apreciar e votar o Relatório e Contas do Conselho Directivo Nacional. A segunda parte, aberta a pessoas interessadas e aos membros da Ordem, irá tratar de assuntos de carácter técnico, científico e profissional. Nesta parte incluir-se-ão simpósios, conferências, visitas técnicas e ainda outras manifestações de carácter técnico e social.

Os temas do Congresso 77, escolhidos após inquérito à classe, são os seguintes:

T 1 — A formação do engenheiro;

T 2 — Exigências funcionais e processos construtivos para a habitação social;

T 3 — Unidades de grande potência para a produção de energia eléctrica;

T 4 — Concepção e projecto de sistemas de telecomunicações no País;

T 5 — Combustíveis: a escassez mundial e as fontes nacionais;

T 6 — Metalurgia de metais ferrosos;

T 7 — Tecnologia de novas culturas;

T 8 — Aplicação da teoria dos sistemas em engenharia.

Os temas T 1 e T 8 serão debatidos em sessões plenárias e os restantes em sessões decorrendo simultaneamente.

As pessoas interessadas em participar na parte cultural do Congresso (Membros da Ordem, Estudantes, Outros participantes e Acompanhantes) deverão contactar com:

ORDEM DOS ENGENHEIROS — Comissão do Congresso 77
Av. António Augusto de Aguiar, n.º 3 - D — LISBOA - 1

INTERKAMA 77

Decorrerá em Düsseldorf, Rep. Federal Alemã, de 6 a 12 de Outubro de 1977, o 7.º Congresso Internacional com Exposição para a Instrumentação e o Automatismo — INTERKAMA 77.

4 X BAU FRANKFURT

De 12 a 20 de Novembro de 1977 realiza-se em Frankfurt, Rep. Federal Alemã, esta feira que incide sobre: materiais de construção, elementos de construção, sistemas de construção e acabamentos.

Para mais informações dirija-se:
AUSSTELLUNGS — GESSELLSCHAFT MAINZ GmbH & Co.
K6 — Gärtnergasse 16, Postfach 1129, 6500 MAINZ 1,
REP. FEDERAL ALEMA.

MAGUE

«Pórtico rolante eléctrico de 1 200 t/390' fornecido aos Estaleiros Navais de Quincy - Divisão da General Dynamics — U. S. A.»

PONTES ROLANTES, GUINDASTES E APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS	*Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS	*Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey, S. A.*
TURBINAS A VAPOR	*Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie.*
CALDEIRAS A VAPOR	*Projecto e fabrico segundo licença de Foster Wheeler, Co.*
EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL

PRÉ-FABRICAÇÃO
em betão

MOITA

EDIFÍCIOS ESCOLARES
HABITAÇÃO SOCIAL
ESCRITÓRIOS
FÁBRICAS
MORADIAS
ETC.

materiais novobra

Fábricas em: Lisboa, Leiria, Lagoa, Guarda e Moita.
Stands de exposição em: Aveiro, Évora e Faro
Sede: Av. Est. Unidos da América, 100, 5.º - Dto. - Lisboa 5
Telefones-Serviços Administrativos: 77 48 32-77 29 53 - Telex: 18375 Novoba P
Serviços Técnicos: 71 41 16/7/8-71 93 31/2

CONSTRUA COM CONFIANÇA - CONSULTE-NOS

MEXIA HEITOR E BRASÃO FARINHA

TABELAS PARA O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO

TECNICA

revista da associação dos estudantes do Instituto Superior Técnico

LISBOA

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA
TELEF. 5 20 91/2/3 OVAR - PORTUGAL TELEG. FELTROS

FELTROS TECIDOS
TECIDOS FILTRANTES E INDUSTRIAIS

de fibras naturais ou sintéticas, puras ou em mistura
em qualquer formato e dimensão
para

Indústria papeleira
Pastas para papel
Fibrocimento
Curtumes
Industriais têxteis
Estamparia
Acabamentos
Lavandarias
Hospitais e Hotéis
Lonas em sintético

Correias transportadoras
Indústrias químicas
Filtração de água
Cervejas
Refrigerantes
Lacticínios
Azeite e produtos oleosos
Produtos gordurosos
Geleias

Vinhos
Açúcar
Farinhas alimentares
Sabões e detergentes
Cerâmicas
Captação e recuperação de poeiras
Despoeiragens
Tubos de ventilação
etc., etc., etc.

OS NOSSOS SERVIÇOS TÉCNICOS ESTÃO SEMPRE À VOSSA INTEIRA DISPOSIÇÃO
PARA ESTUDAR QUALQUER PROBLEMA DE TECIDOS INDUSTRIAIS

C. D. U. 620.9

Reflexões sobre a eventual encomenda, em 1977, de uma central nuclear para Portugal [1]

DOMINGOS MOURA
Prof. Catedrático I. S. T.

RESUMO

A encomenda de uma central nuclear para Portugal significa uma transferência de importações dos países do Médio-Oriente para os países que fabricam os reactores nucleares e que asseguram o serviço de combustível. Mas perante a incerteza actual quanto ao custo final de uma central encomendada em 1977 e quanto ao custo do combustível há muitas dúvidas sobre a oportunidade de uma decisão imediata pela via nuclear.

ABSTRACT

The order of a nuclear power station for Portugal means a transfer of imports from Middle East countries to countries wich make nuclear reactors and supply fuel service. At the present time, however, it is not possible to be sure either of the final costs of an eventual order in 1977, or the fuel costs. Thus, there seem to exist some doubts about the suitability of an immediate decision in favour of the nuclear solution.

«...A pilha (atómica) oferece muito meios novos para o progresso científico e técnico. O mais evidente é a produção de energia, mas este é bastante restrito, pondo de parte as dificuldades técnicas, em virtude da raridade do combustível. Não obstante o... «breeding»... altera a situação técnica e económica em favor da produção de energia nuclear.»

MAX BORN, in *Física Atómica*, 1962.

1 — A OPÇÃO NUCLEAR PERANTE O PANORAMA ENERGÉTICO NACIONAL

1.1. O QUE DIZEM AS ESTATÍSTICAS PORTUGUESAS DE ENERGIA

1.1.1. Alguns valores registados

De estatísticas publicadas pelo Instituto Nacional de Estatística, pela Direcção-Geral de Combustíveis e pela Direcção-Geral dos Serviços Eléctricos extraem-se alguns números que se agrupam no Quadro 1 (que inclui o Continente e Ilhas Adjacentes).

No Quadro 2, os consumos de carvões nacionais, as produções de energia eléctrica e as importações de bens energéticos, expressam-se na unidade «tonelada equivalente de petróleo» (tep). Para a conversão dos números do Quadro 1 nos números do Quadro 2 usaram-se as seguintes equivalências:

	tep
1 t carvão nacional (4000 kcal/kg) ...	0,40
1 t carvão importado (7000 kcal/kg) ...	0,70
1 t derivados líquidos do petróleo (10 500 kcal/kg)	1,05
1 t derivados gasosos do petróleo (11 800 kcal/kg)	1,18
1 GWh	260,00

O valor 260 tep corresponde aproximadamente à massa de fuelóleo queimada nas centrais nacionais para produzir um gigawatt-hora de energia eléctrica. As outras equivalências resultam dos poderes caloríficos superiores indicados nas publicações estatísticas consultadas.

O Quadro 2 mostra que a energia eléctrica tem correspondido a cerca de 32 % das necessidades energéticas nacionais.

[1] Comunicação apresentada no 2.º Encontro Nacional de Política Energética realizada no L. N. E. C. em Março de 1977. Manuscrito recebido para publicação em 7/7/77.

QUADRO 1

BENS ENERGÉTICOS (Continente e Ilhas)

		1970	1971	1972	1973	1974	1975
1.1. Consumo de carvões nacionais	—						
1.1.1. Para energia eléctrica ...	t	285 000	209 983	125 891	318 203	230 374	186 743
1.1.2. Para outras aplicações ...	t	172 155	92 223	58 398	53 771	29 625	23 257
1.2. Produção de energia eléctrica — total	GWh	7 488	7 933	8 905	9 821	10 745	10 728
1.2.1 Centrais hidroeléctricas ...	GWh	5 854	6 207	7 087	7 354	7 830	6 375
1.2.2. Centrais térmicas — total	GWh	1 634	1 726	1 753	2 467	2 857	4 290
1.2.2.1. Carvões nacionais	GWh	378	270	173	409	310	254
1.2.2.2. Derivados da madeira	GWh	171	177	164	189	213	279
1.2.2.3. Óleos pesados ...	GWh	1 035	1 279	1 416	1 869	2 334	3 757
1.3. Importação	—						
1.3.1. Carvões	t	638 684	629 621	366 805	433 169	440 450	439 277
1.3.2. Energia eléctrica	GWh	16	178	39	11	44	199
1.3.3. Petróleo bruto	t	3 640 553	3 987 381	4 363 031	4 327 254	5 783 234	5 698 364
1.3.4. Derivados do petróleo ...	—						
1.3.4.1. Líquidos	t	66 858	238 941	653 569	1 113 617	0	527 300
1.3.4.2. Gasosos	t	207 727	223 181	165 206	266 294	244 000	268 500

QUADRO 2

ENERGIA ELÉCTRICA E OUTRAS FORMAS DE ENERGIA

(tep)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975
2.1. Energia eléctrica	1 939 239	2 109 890	2 309 688	2 551 875	2 791 447	2 826 025
2.1.1. Energia hidroeléctrica	1 522 696	1 614 626	1 843 541	1 912 996	2 036 817	1 658 328
2.1.2. Energia termoeléctrica						
2.1.2.1. Carvões e madeiras	143 071	116 278	87 663	155 557	136 047	138 649
2.1.2.2. Óleo pesados	269 312	332 706	368 344	486 182	607 143	977 308
2.1.3. Importação de energia eléctrica	4 160	46 280	10 140	2 860	11 440	51 740
2.2. Outras formas de energia	4 165 342	4 609 385	5 155 999	5 593 492	5 714 439	5 908 834
2.2.1. Carvões nacionais	68 862	36 889	23 359	21 508	11 850	9 302
2.2.2. Carvões importados	447 078	440 734	256 763	303 218	308 315	307 493
2.2.3. Petróleo e derivados	3 549 402	4 131 762	4 876 687	5 268 766	5 394 274	5 592 039
Total	6 104 581	6 719 275	7 465 687	8 145 367	8 505 886	8 734 859

QUADRO 3

RECURSOS NACIONAIS E IMPORTAÇÃO

Ano	Recursos nacionais		Importação		Total	
	(tep)	%	(tep)	%	(tep)	%
1970	1 734 629	28	4 369 952	72	6 104 501	100
1971	1 767 793	26	4 951 482	74	6 719 275	100
1972	1 954 563	26	5 511 124	74	7 465 687	100
1973	2 090 061	26	6 055 306	74	8 145 367	100
1974	2 184 714	26	6 321 172	74	8 505 886	100
1975	1 806 279	21	6 928 580	79	8 734 859	100

No Quadro 3 indica-se como se repartiu entre «recursos nacionais» e «importação» o gasto de energia em Portugal nos anos de 1970 e 1975.

1.1.2. Extrapolação das tendências verificadas

No Quadro 4 indicam-se os valores que tomaria, até 1989, a produção de energia hidroeléctrica, a produção total de energia eléctrica e o consumo total de produtos energéticos se as taxas médias de crescimento verificadas entre 1970 e 1974 se mantivessem.

QUADRO 4

EVOLUÇÃO DE ACORDO COM AS TAXAS DE CRESCIMENTO VERIFICADAS ENTRE 1970 E 1974 (ktep)

	1970	1974	1979	1984	1989
Produção hidroeléctrica	1 523	2 037	2 933	3 900	?
Produção total de energia eléctrica	1 939	2 791	4 409	6 977	11 164
Total de produtos energéticos... ...	6 105	8 506	12 844	20 414	28 920

Na Figura 1 representa-se graficamente a mesma evolução que os números do Quadro 4 traduzem.

Admitiu-se que a produção hidroeléctrica em ano médio poderá atingir cerca de 15 000 GWh (equivalentes a 3,9 Mtep) conforme a estimativa do Prof. Ferreira Dias em 1957. Não se conhecem correcções fundamentadas a este número.

É conhecida a dificuldade do manejo das estatísticas de energia. A quantidade de calor necessária para obter uma unidade de energia eléctrica é cerca de três vezes maior do que a quantidade de calor que se pode obter da mesma unidade de energia eléctrica (note-se de passagem o monumental desperdício que resulta de usar energia eléctrica para aquecimento). Acresce que os poderes caloríficos dos combustíveis fósseis variam muito consoante as origens; e o valor energético dos materiais cindíveis também varia consoante o reactor utilizado: no reactor canadiano CANDU é sensivelmente duplo do que se obtém nos LWR norte-americanos e europeus.

Contudo o objectivo desta comunicação não é o estudo estatístico do mercado da energia em Portugal. Apenas se pretendem delinear tendências e apontar posições relativas: isso não justifica uma discussão das equivalências usadas que a fazer-se seria longa.

As tendências para o abrandamento das taxas de crescimento dos consumos verificados em todo o mundo a partir de 1974 vão continuar e entre nós reforçadas por razões particulares. Talvez neste Encontro algumas comunicações definam as evoluções previsíveis com bom suporte de informação e seu adequado tratamento. Contuda menores taxas de crescimento do consumo de energia eléctrica alongam o prazo consentido para uma opção sobre a energia nuclear.

Um dos tópicos desta comunicação é sublinhar os inconvenientes de uma opção nuclear prematura ou precipitada. Ora as correcções às curvas apresentadas na Figura 1 actuarão, provavelmente, no sentido de lhes reduzir a inclinação. Logo essas correcções irão reforçar as opiniões aqui defendidas.

Acentua-se que menores taxas de crescimento no consumo de energia eléctrica não significam forçosamente desaceleração da economia; podem significar uso mais racional da energia, desfavor das indústrias de energia intensiva, tarifas progressivas que desanimem o aquecimento eléctrico e outros desperdícios.

As correntes de opinião que atacam a «sociedade de consumo» e os sistemas económicos que vivem da expansão indefinida serão tentadas a pôr em causa uma análise que extrapola crescimentos exponenciais anteriores. Contudo os consumos médios da população portuguesa são muito baixos e justas opções da comunidade apontarão ainda durante muitos anos para uma aceleração no crescimento.

Em Portugal o consumo de energia eléctrica por habitante rondou os 980 kWh em 1975; e a taxa de crescimento tem sido menor do que razoavelmente seria desejável. A Figura 2 extraída de uma publicação das Nações Unidas [1] ilustra bem o atraso de Portugal entre os países europeus; e mostra que no decénio 1961-1970 a taxa de crescimento do consumo de energia foi apreciavelmente menor do que a verificada nos países que tinham capitações tão baixas como a nossa.

A taxa de crescimento do consumo de energia eléctrica em Portugal no decénio 1961-1970 acompanha a média europeia. Tendo em conta o valor absoluto muito baixo de onde partimos o progresso não tem sido animador: mais uma vez a nossa posição é singular e agora entre os europeus subdesenvolvidos.

1.1.3. Peso da opção nuclear no balanço energético nacional

Com algum optimismo poderá admitir-se que uma central nuclear encomendada em 1977 iniciará a sua exploração comercial em 1985. Se a potência da central for de 900 MWe e a utilização 6000 horas a energia produzida anualmente será de 5400 GWh que equivalem a cerca de 1 400 000 tep.

Na Figura 1 representa-se a tracejado a área que corresponde à inserção desta central. O que se discute, portanto, é se é mais conveniente satisfazer

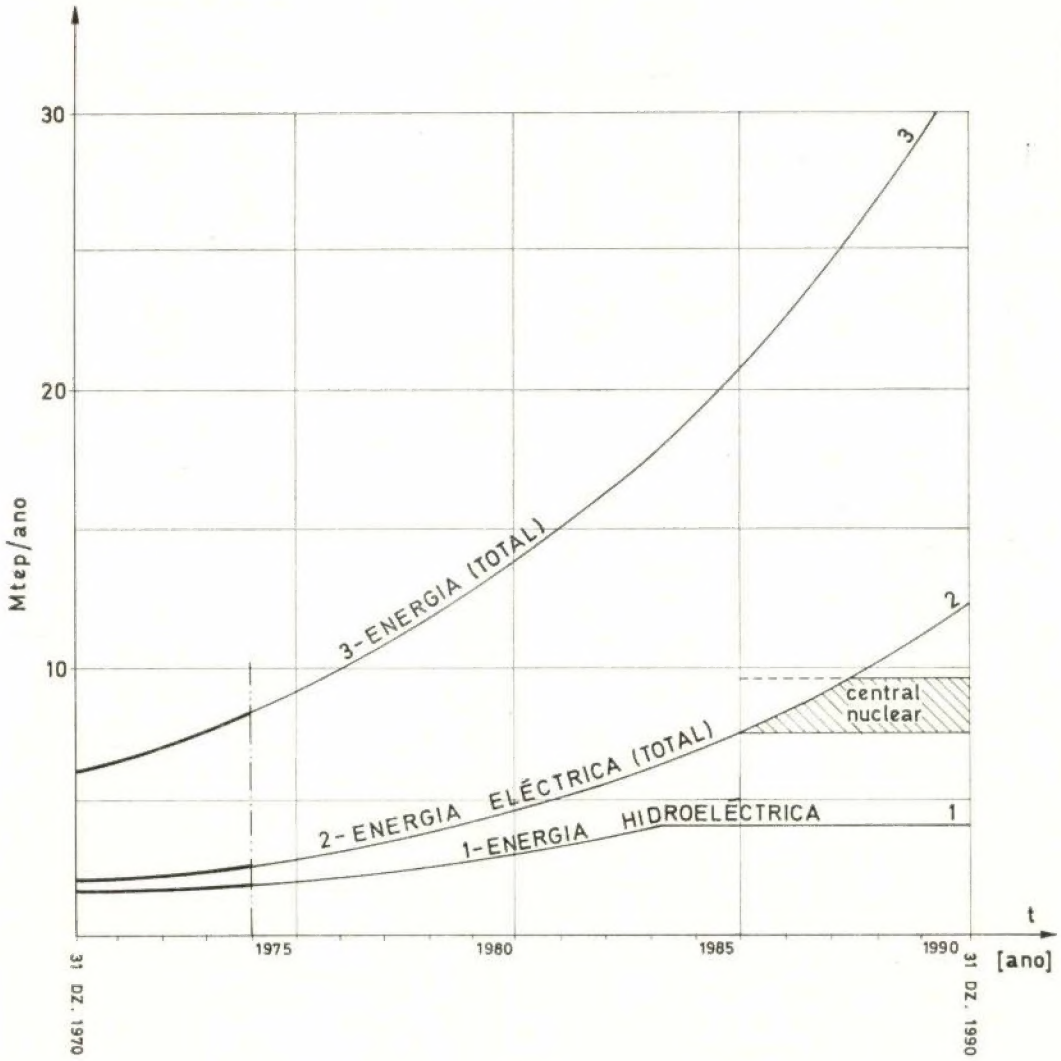


Fig. 1

por via nuclear ou por via convencional os consumos correspondentes à área tracejada. Note-se que uma central térmica convencional (queimando combustíveis fósseis) poderá ser equipada por troços sucessivos de 250 MW cada (ou talvez maiores). Isso reduziria as antecipações de investimento em comparação com a solução nuclear e poderia tornar mais elástico o prazo da opção.

A entrada em funcionamento por volta de 1985 de grupos térmicos com combustíveis fósseis atrasaria para cerca de 1980 a opção nuclear. Talvez então estejam mais claras do que hoje as perspectivas e as garantias da energia do núcleo.

A Figura 1 mostra que a decisão em 1977 de adquirir uma central nuclear incide sobre 6 % das necessidades energéticas totais do País em 1985. Espantará que sejam tão grandes e de tanta gente as preocupações com uma decisão que se reflecte em fatia tão magra das necessidades nacionais de energia. Todavia a opção que se fizer terá repercussões pesadas na indústria e outras actividades técnicas nacionais, na balança de pagamentos, na segurança de abastecimento da rede eléctrica portuguesa e na dependência de técnicas e fornecimentos estrangeiros.

A discussão ganhará em nitidez se for efectuada em dois planos.

No primeiro situa-se um problema especificamente português e a que os responsáveis pelo abastecimento de energia ao País não podem deixar de dar uma resposta: são precisas outras fontes de energia eléctrica além da hidroelectricidade e do escasso carvão nacional; quais serão?

Noutro plano se devem discutir os perigos para a civilização e até para a existência do Homem sobre a Terra que resultam da expansão do uso da energia nuclear de cisão. O enunciado do tema dispensa que se lhe sublinhe a gravidade. Contudo a encomenda de uma central nuclear para Peniche não altera significativamente a situação de risco que a Humanidade enfrenta.

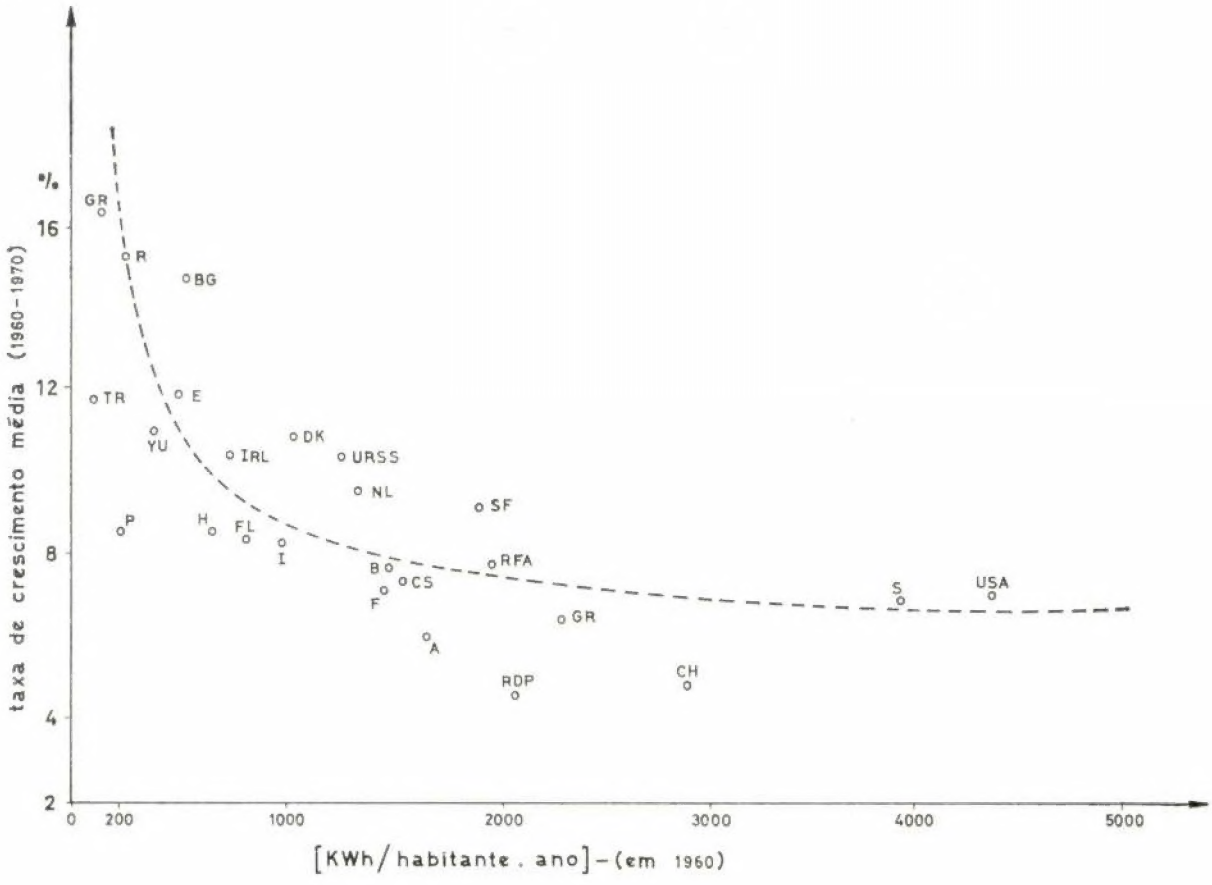


Fig. 2
Taxa média de crescimento do consumo em função da capitação em 1960

Só há vantagem em que os portugueses se empenhem nesta discussão de dimensão planetária. É natural que o problema os preocupe tanto ou mais do que os preocupa a política na África Austral, o avizinhar da exaustão de outros recursos naturais e os sucessos e insucessos da luta contra a fome, contra a doença e contra a guerra. Nesta discussão a opinião pública portuguesa poderá ter alguma influência; muito maior, em qualquer caso, do que uma eventual decisão do Governo português de encomendar uma central nuclear.

1.2. NOTAS SOBRE A SITUAÇÃO ENERGÉTICA MUNDIAL

1.2.1. O consumo mundial de energia

Quem consultar o relatório sobre política energética publicado pela O. C. D. E. em 1966 [2] encontrará os seguintes valores, registados ou previstos, para o consumo total de energia no mundo.

Ano	(Mtep)
1950	1900
1965	3900
1980	8200

Até fins de 1973 a evolução do consumo mundial confirmou esta previsão que corresponde a uma taxa média de crescimento anual levemente inferior a 5 %. A manter-se esta taxa de crescimento o consumo mundial atingiria sucessivamente os seguintes valores:

Ano	(Mtep/ano)
1990	13 300
2000	21 500
2010	35 000
2020	60 000

Não se está a fazer uma previsão mas apenas a apresentar os consumos a que conduziria a manutenção da taxa exponencial de crescimento verificada entre 1950 e 1966. Para dar uma ideia do que estes números significam refere-se que as reservas mundiais de petróleo bruto consideradas provadas pelo Institut Français du Petrole [3] totalizam 67 000 Mtep, isto é chegariam para pouco mais do que o consumo só do ano 2020! Acrescenta-se que as reservas totais de petróleo bruto (provadas, prováveis e possíveis) não excedem cerca de quatro a cinco vezes as reservas provadas isto na opinião da quase totalidade dos peritos.

1.2.2. As reservas de combustíveis fósseis

Num artigo publicado em 1971 M. K. Hubbert [4] perito do United States Geological Survey apresentou a seguinte estimativa para as reservas mundiais de combustíveis fósseis:

	(Mtep)
Petróleo bruto ...	282 500
Carvão...	5 800 000
Gás natural	265 000 (limite inferior)

Como é sabido a hidroelectricidade não altera significativamente o panorama das reservas. Os materiais cindíveis, actualmente também não alteram a situação; mas podem modificá-la muito se vierem a concretizar-se certos desenvolvimentos tecnológicos que já vão tardando: o assunto será exposto na alínea 1.2.3.

De acordo com a estimativa de Hubbert as reservas mundiais de combustíveis fósseis totalizariam cerca de 6 350 000 Mtep, sendo cerca de 91 % destas reservas constituídas por carvão.

Se, prudentemente, tomarmos apenas metade das reservas de carvão indicadas por Hubbert, as reservas mundiais de combustíveis fósseis totalizariam cerca de 3 450 000 Metp.

Admitindo que o consumo mundial cresce exponencialmente à taxa de 5 % ao ano até atingir um máximo anual de 35 000 Metep mantendo-se depois estacionário verificamos:

a) o máximo anual de 35 000 Mtep é atingido por volta do ano 2010;
b) o consumo anual de 35 000 Mtep poderá manter-se durante 50 anos (até 2060);
c) e ainda restarão combutíveis fósseis para sustentar um consumo linearmente decrescente durante mais 50 anos (até ao ano 2110 em que as reservas fósseis se exauriam).

Certamente é irrealista admitir 50 anos de consumo constante. Mas o modelo foi sugerido não como uma previsão da evolução do consumo mas para notar que a Humanidade ainda tem algum tempo para se adaptar a novas maneiras de viver; e que se as reservas de energia forem repartidas com mais justiça e usadas com mais racionalidade, os combustíveis fósseis poderão sustentar uma razoável qualidade de vida durante cerca de um século.

De facto um consumo anual de 35 000 Mtep corresponde a uma capitação de 5 tep/habitante-ano para uma população mundial de 7 biliões de seres humanos. Ora 5 tep/ano é cerca do quintuplo do consumo total de energia por cada português em 1975.

Perante os números que se apresentaram não é muito clara a razão para o alarme quanto a escassez de energia. Por isso vale a pena tentar perceber melhor a situação real.

A relativa tranquilidade que os números apontados podem inspirar repousa na cessação do crescimento exponencial do consumo embora depois de se atingir um valor médio elevado. Ora não é muito evidente que esta cessação do crescimento do consumo de energia, embora possa ser simultânea com uma estabilização da população mundial, seja compatível com os mecanismos motores da economia de mercado do mundo ocidental.

Para os países em via de desenvolvimento, como Portugal, uma capitação de 5 tep/habitante-ano, é um objectivo ambicioso que levará muitos anos a alcançar. Mas nos países mais desenvolvidos esse consumo já foi ou está prestes a ser alcançado: será difícil conciliar a manutenção do crescimento na maioria dos países com a estagnação nos grandes países industriais. Os economistas têm aqui matéria para longa e séria reflexão.

Uma outra dificuldade resulta da composição das reservas: são em carvão cerca de 82 % dessas reservas. Ora:

1.º — Não existem infraestruturas nem sequer tecnologias que a curto prazo permitam usar o carvão muito mais intensivamente do que hoje. Nem se encontram mineiros dispostos a extrair o carvão com os riscos e as incomodidades com que tal extracção é feita; nem há meios de transporte e distribuição suficientes; com as técnicas actuais a poluição seria inaceitável; os equipamentos de queima não estão preparados para o carvão.

Isto explica o esforço de investigação e os ensaios industriais de fluidisação do carvão em que vários países (e mais do que qualquer outro os E. U. A.) estão empenhados. De facto a obtenção de combustíveis gasosos ou líquidos a partir do carvão, feita à boca da mina (ou até no interior do próprio jazigo) permitiria aproveitar boa parte das infraestruturas existentes e que servem para transportar, distribuir e queimar petróleo e gás natural. E não se deve esquecer que para o transporte e distribuição os combustíveis líquidos e gasosos são muito mais convenientes do que os combustíveis sólidos.

A fluidização está a ser ensaiada quer em gasogénios (processos Lurgi e Koppers — Trotzek) quer por síntese de hidrocarbonetos líquidos como aliás, há muito se faz pelo pouco económico processo Fischer-Tropsch. O desenvolvimento destas técnicas esteve até Outubro de 1973 travado pela oferta de peetróleo natural a 20$USA/t. Perante o preço actual que excede os 85$USA/t as possibilidades são inteiramente diferentes.

Quem quiser avaliar como evoluirá, a médio prazo, o mercado da energia deverá estudar com muito pormenor tudo o que diz respeito à fluidização do carvão: custos de extracção, custos de fluidização, reservas utilizáveis. O custo final a que chegará será uma informação importante para prever até que nível subirão os preços do petróleo natural.